

UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA
FACULTAD DE VETERINARIA



**Estudio de procesos degradativos de Lípidos
y Proteínas durante la maduración del jamón**

**Trabajo de investigación presentado por
la Lcda. en Ciencias Farmacéuticas
Silvina Marques Maia F. Palma**

CÁCERES

1997

*A mi marido y
a mis padres*

AGRADECIMIENTOS

Deseo mostrar mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que de alguna manera han contribuido a la elaboración de este trabajo:

Al Dr. Jesús Ventanas por su acogida en el Master de Ciencia y Tecnología de la Carne, su ayuda, su apoyo y muy especialmente por su confianza.

A la Dr^a Carmen García por su dirección, sus recomendaciones y su apoyo en los momentos difíciles y en especial por sus demostraciones de amistad y atención.

Al Dr. Clemente López Bote por su atención y ayuda a cuando llegué a Cáceres.

A todos los demás integrantes del área de Tecnología e Higiene de los Alimentos por su ayuda desinteresada, siempre que ha sido requerida.

A Puri y Benito por su acogida en su casa y su amistad desinteresada.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	I
ÍNDICE	II
ÍNDICE DE FIGURAS.....	V
ÍNDICE DE TABLAS	VII

I. INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN.....	2
<i>I.1. EL CERDO IBÉRICO.....</i>	<i>2</i>
<i>I.2. PRODUCTOS DEL CERDO IBÉRICO</i>	<i>4</i>
<i>I.3. EL JAMÓN DE CERDO IBÉRICO, CALIDAD Y IMPORTANCIA</i>	<i>5</i>
<i>I.4. PROCESO DE ELABORACIÓN DE JAMÓN DE CERDO IBÉRICO.....</i>	<i>6</i>
I.4.1. Obtención de los perniles	6
I.4.2. Salado	8
I.4.3. Post-salado.....	8
I.4.4. Secadero	9
I.4.5. Bodega.....	9
<i>I.5. EFECTOS DEL PROCESADO SOBRE EL JAMÓN.....</i>	<i>10</i>
I.5.1. Fenómenos proteolíticos.....	13
I.5.2. Fenómenos lipolíticos	18
I.5.3. Fenómenos de Autooxidación.....	21
I.5.4. Productos de la oxidación	25

II. PLANTEAMIENTO Y OBJETIVOS

II. PLANTEAMIENTO Y OBJETIVOS.....	35
------------------------------------	----

III. MATERIAL Y MÉTODOS

III. MATERIAL Y MÉTODOS	37
<i>III.1. MATERIAL.....</i>	<i>37</i>
III.1.1. Reactivos	37
III.1.2. Aparatos	37

<i>III.2. MÉTODOS</i>	38
III.2.1. Proceso de Elaboración	38
III.2.2. Toma de Muestras	39
III.2.3. Determinación de los parámetros Físico-químicos	42
III.2.3.1. Determinación de Humedad.....	42
III.2.3.2. Determinación de la actividad del agua	42
III.2.3.3. Determinación de la C.R.A.....	42
III.2.3.4. Determinación del pH	43
III.2.3.5. Determinación de las sales del curado	43
III.2.3.5.1. Preparación del extracto etílico.....	43
III.2.3.5.2. Determinación de Cloruros.....	43
III.2.3.5.3. Determinación de nitratos.....	44
III.2.3.5.4. Determinación de nitritos	44
III.2.3.6. Determinación del Nitrógeno no Proteico (NNP).....	44
III.2.3.6.1. Preparación del extracto.....	44
III.2.3.6.2. Cuantificación del nitrógeno no proteico (NNP).....	45
III.2.3.7. Determinación de Índice del Ácido Tiobarbitúrico (TBA).	45
<i>III.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.</i>	46

IV. RESULTADOS

IV. RESULTADOS	48
<i>IV.1. CONDICIONES AMBIENTALES</i>	48
<i>IV.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA</i>	49
IV.2.1. Evolución de la humedad.....	49
IV.2.2. Evolución de la actividad del agua	51
IV.2.3. Evolución de la capacidad de retención de agua	52
IV.2.4. Evolución del pH	53
IV.2.5. Evolución de las sales de curado.....	54
IV.2.5.1. Evolución del contenido de Cloruro sódico	54
IV.2.5.2. Evolución de los nitratos	56
IV.2.5.3. Evolución de los nitritos.....	57
IV.2.6. Evolución del Nitrógeno no Proteico.....	58
IV.2.7. Evolución del Índice de TBA.....	59

V. DISCUSIÓN

V. DISCUSIÓN.....	63
-------------------	----

VI. CONCLUSIONES

VI. CONCLUSIONES.....	73
-----------------------	----

BIBLIOGRAFIA	74
---------------------------	-----------

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. I.1 - Ciclo productivo característico del cerdo Ibérico.....	3
Fig. I.2 - Pernil de cerdo Ibérico.	7
Fig. I.3 - Proceso de elaboración del jamón Ibérico.	7
Fig. I.4 - Esquema general de la autooxidación de los lípidos (según la Química de los Alimentos de Owen R. Fennema, 1993).....	22
Fig. I.5 - Posibles interacciones de los principales compuestos de descomposición de lípidos y proteínas durante la maduración del jamón según Antequeras (1990).	25
Fig. I.6 - Formación de productos secundarios de la oxidación a partir de Hidroperóxidos (Hamilton, 1989).....	26
Fig. I.7 - Mecanismo hipotético para la formación del malonaldehído según la Química de los Alimentos (Owen R. Fennema, 1993)	31
Fig. I.8 - Reacción del malonaldehído con 2 moléculas de tiobarbitúrico (TBA)	32
Fig. III.1 - Esquema representativo de las diferentes tomas de muestras realizadas, donde se indican las etapas y días en las que se hicieron, junto con el número de jamones que tomaron en cada caso.....	40
Fig. III.2- Corte transversal de la masa muscular del jamón donde se observa la situación de los músculos Semimembranosos y Biceps femoral.....	41
Fig. IV.1- Evolución de la temperatura (°C) y humedad relativa (%) en Montánchez y Olivenza durante el proceso de elaboración.....	48
Fig. IV.2- Evolución del contenido acuoso durante la maduración en el músculo semimembranoso de jamón Ibérico, procesado en Montánchez.....	50
Fig. IV.3- Evolución de la Aw durante el proceso de elaboración de jamón en el músculo semimembranoso, procesado en Montánchez.....	51
Fig. IV.4- Evolución de la capacidad de retención de agua a lo largo de la maduración en el músculo semimembranoso de jamón Ibérico, procesado en Montánchez.	52
Fig. IV.5 - Evolución de la variación de pH a lo largo de la maduración en el músculo semimembranoso de jamón Ibérico, procesado en Montánchez.	54

Fig. IV.6 - Evolución del contenido de cloruro sódico en el músculo semimembranoso de jamón Ibérico, procesado en Montánchez.	55
Fig. IV.7 - Evolución del contenido en nitratos del músculo semimembranoso de jamón Ibérico procesado en Montánchez expresado en ppm de materia seca.	56
Fig. IV.8 - Evolución del contenido en nitritos en el músculo semimembranoso de jamón Ibérico procesado en Montánchez expresado en ppm de materia seca.	57
Fig. IV.9- Evolución del contenido en nitrógeno no proteico del músculo semimembranoso de jamón Ibérico procesado en Montánchez expresados como mg de N/gr de materia seca.	59
Fig. IV.10- Evolución del malonaldehído (TBA) durante el proceso de maduración en los músculos semimembranosos y biceps femoral de jamón Ibérico procesado en Montánchez.	60
Fig. IV.11- Evolución del malonaldehído (TBA) durante el proceso de maduración en los músculos semimembranosos y biceps femoral de jamón Ibérico procesado en Olivenza.	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla IV-1 - Evolución del contenido acuoso del músculo semimembranoso de jamón Ibérico, expresado en porcentaje de muestra, procesado en Montánchez.	50
Tabla IV-2 - Valores de Aw del músculo semimembranoso de jamón Ibérico, procesado en Montánchez.	51
Tabla IV-3 - Evolución de la capacidad de retención de agua en lo músculo semimembranoso, procesado en Montánchez.	52
Tabla IV-4 - Valores de pH encontrados para el músculo semimembranoso de jamón Ibérico, procesado en Montánchez.	53
Tabla IV-5 - Valores de contenido de cloruro sódico en el músculo semimembranoso Ibérico expresado como porcentaje de NaCl por un gramo de materia seca, procesado en Montánchez.	55
Tabla IV-6 - Contenido en nitrato expresado en ppm de materia seca de los músculos semimembranosos de los jamones procesados en Montánchez en las diferentes etapas de elaboración.	56
Tabla IV-7 - Contenido en nitritos expresado en ppm de materia seca del músculo semimembranoso de los jamones Ibéricos procesados en Montánchez en las diferentes etapas de elaboración.	57
Tabla IV-8 - Contenido en nitrógeno no proteico (NNP) expresado en mg de N/g de materia seca del músculo semimembranoso de jamón Ibérico procesado en Montánchez en las diferentes etapas.	58
Tabla IV-9 - Valores de TBA durante la maduración de jamón Ibérico en los músculos semimembranosos y biceps femoral expresado em µg de malonaldehído por gramo de muestra, procesados en Montánchez.	60
Tabla IV-10 - Valores de TBA durante la maduración de jamón Ibérico en los músculos semimembranosos y biceps femoral expresado em µg de malonaldehído por gramo de muestra, procesados en Olivenza.	61

I. INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN

I.1. EL CERDO IBÉRICO

El Cerdo Ibérico (Sus mediterraneus), es de origen africano y se ha extendido por las regiones del sur de Europa, hasta conformar en la actualidad el Tronco Ibérico, que incluye una agrupación racial de cerdos autóctonos de la Península Ibérica.

Los cerdos del tronco Ibérico tienen su habitat en las regiones de Extremadura y Andalucía Occidental en España y en las regiones de Algarve y Alentejo en Portugal, caracterizadas por zonas de dehesa en las que predomina como especie arbórea el genero Quercus y en las que los suelos mantienen una cubierta herbácea.

Este cerdo se caracteriza por su gran adaptación al ambiente dando origen a distintas variedades, conforme a la región productiva, que han sido clasificadas atendiendo a sus diferentes capas o pelos en negros, colorados, retintos y rubias y manchadas por Aparicio, (1960) o según Crespo (1992) en tipo negro con dos variedades, entrepelado y lampiño, y tipo retinto o colorado, en que se han distinguido varias subrazas, como el “olivenza”, el “alentejano” o el “algarbe”, el rubio de la provincia de Cádiz y el manchado de Jabugo.

Las distintas variedades presentan características diferentes; la negra tiene una proporción de grasa y un grado de infiltración mayor en tejido muscular, así como una velocidad de crecimiento superior y mayor rendimiento de la canal. Las variedades retinta y rubia son menos adipogénicas, actualmente la variedad mas abundante es la retinta (Mapa, 1989).

Como se a señalado es un cerdo que se adecúa perfectamente a la dehesa, pastorea, goza de libertad y camina por su voluntad guiado por la mirada de sus porqueros, al fin del periodo de crecimiento y engorde y alcanzado el punto optimo de desarrollo, se destina al sacrificio.

Introducción

Con el sistema de explotación extensivo tradicional y el ciclo productivo del cerdo que en su fase final de cebo puede aprovechar la montanera, compuesta por las bellotas y la cobertura herbácea, se consigue una adaptación entre las necesidades alimentarias del cerdo y los recursos existentes.

El ciclo productivo tradicional habitualmente tiene 18 meses que se dividen en:

- 2 meses de cría con la madre hasta el destete
- 12-13 meses de recría
- 3 meses de cebo en montanera hasta alcanzar 150-160kg peso con que llegan al sacrificio

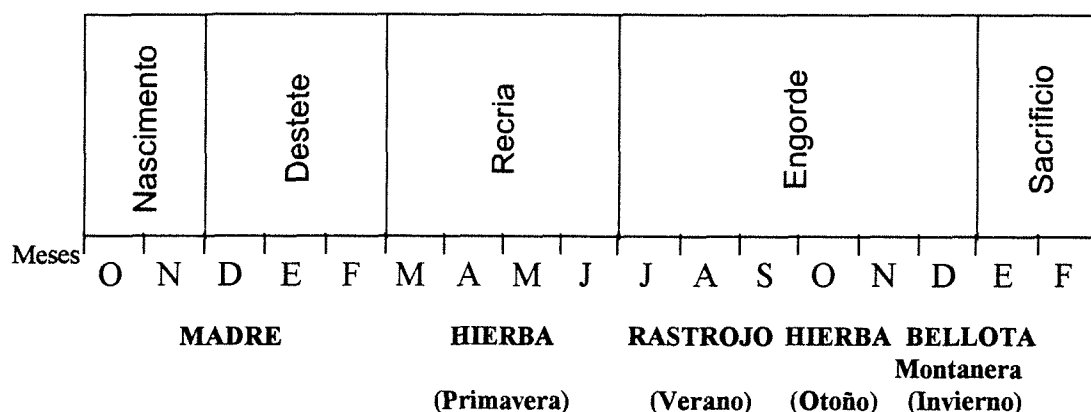


Fig. I.1 - Ciclo productivo característico del cerdo Ibérico.

Durante su vida el cerdo obtiene de la dehesa:

- Hierba: en la Primavera y Otoño su producción y calidad es muy variable.
- Rastrojo: tiene lugar entre Julio y Agosto, los cerdos aprovechan las espigas que quedan tumbadas y los granos que quedarán después de cosechar el cereal
- Montanera: de Noviembre a Enero-Febrero las condiciones son muy variables, según los años y las condiciones ambientales. Los animales aprovechan las bellotas

(frutos de Quercus) y la hierba, y dado que el cerdo es un animal omnívoro también puede ingerir otra serie de productos como tubérculos, raíces, insectos y roedores.

Si la montanera es adecuada, está garantizada la cantidad de alimento suficiente para el cerdo, produciéndose el llamado cerdo de bellota.

I.2. PRODUCTOS DEL CERDO IBÉRICO

La carne de cerdo Ibérico es poco apreciada para su consumo en fresco debido a que es una carne dura, de color oscuro, con abundante infiltración grasa y con un olor fuerte. Sin embargo, es ideal para elaborar productos cárnicos de alta calidad (Crespo, 1992).

El ejercicio muscular ligado al desplazamiento en la búsqueda del sustento diario impone una modificación funcional de las fibras con aceleración y potenciación de los procesos de transformación a formas aeróbicas. En los animales entrenados hay una mayor proporción de fibras rojas y una mayor vascularización en los músculos, en consecuencia la carne que se obtiene de estos animales esta mas “hecha” con mayor intensidad de sabor.

Estas carnes transformadas por el chacinero con métodos que se han transmitido durante generaciones hasta llegar a nuestros días aportan una calidad inigualable para los productos de la chacinería tradicional.

Los cerdos Ibéricos adultos bien cebados y la paciencia de los productores que trabajan con reconocido esmero proporcionan la buena carne para jamones curados, lomos, paletas, chorizos, salchichones y morcones que alcanzan una calidad sensorial inconfundible. Estos productos están destinados a un mercado selecto, y al igual que otros alimentos de gran calidad no son productos de consumo diario, sino productos artesanales vendidos en tiendas especializadas, de producción restringida y precio elevado.

El jamón Ibérico ha obtenido en la región extremeña la denominación de origen “Dehesa de Extremadura” (DOE, 30.5.90) lo que garantiza una marca reconocida y un mayor valor económico, para sus productores.

La denominación de origen “Dehesa de Extremadura” comprende 95 municipios de las comarcas de Sierras del Sudoeste de Badajoz, Villuercas, Sur de Gredos, Sierra de Montánchez y Sierra de San Pedro.

Además en España también tienen denominación de origen el jamón de “Guijuelo” (MAPA, 10.6.86, revisado a 30.11.93), y de forma provisional el jamón de Huelva (B.O.E., 18.5.95).

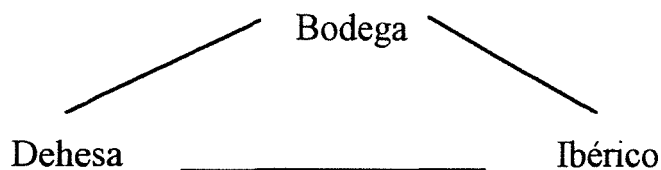
I.3. EL JAMÓN DE CERDO IBÉRICO, CALIDAD Y IMPORTANCIA

La materia prima, el pernil de cerdo Ibérico, esta condicionada por la raza de este cerdo, su especial aptitud para la transformación y su sistema de explotación.

Hablar de “jamón Ibérico”, o de “pata negra” es igual, y se caracteriza por la raza del cerdo. El “jamón de bellota” hace referencia además a su ciclo productivo que da al jamón su gran infiltración grasa, color, dureza aroma y sabor peculiares. El elevado precio del jamón, paletas y lomo debe soportar todo el coste de producción para mantener la calidad.

Como se ha señalado, podemos considerar que son tres los factores responsables de esta calidad.

La raza del cerdo, la alimentación en montanera y el proceso de elaboración.



Desde la época romana en la Península Ibérica, el jamón es un producto que forma parte de la gastronomía tradicional y la cría del cerdo esta estrechamente ligada a las tareas agrícolas como testifican distintas pinturas que representan a los cerdos en la dehesa con su porquerizo.

Hasta hoy en los pueblos pequeños de Extremadura y Alentejo se continua con los costumbres y cultura de estas regiones de España y Portugal, que además sustenta una relación económica con la agricultura de subsistencia.

I.4. PROCESO DE ELABORACIÓN DE JAMÓN DE CERDO IBÉRICO

I.4.1. Obtención de los perniles

En la primera etapa se procede al sacrificio, despiece del animal y perfilado de los perniles.

Los perniles son obtenidos de las extremidades posteriores de los cerdos, cortadas a nivel de la sínfisis isquiopubiana y están constituidos por los huesos coxal, fémur, rótula, tibia, peroné, tarso, metatarso y falanges y los músculos, biceps femoral semitendinoso, semimembranoso, tensor de la fascia lata, glúteo superficial, glúteo medio, glúteo profundo, cuadrado femoral, obturador interno, gemelos, abductor, gracilis, pectíneo, iliopsoas, cuádriceps femoral, sartorio, popliteo, gastronemio, sóleo y la grasa de cobertura.

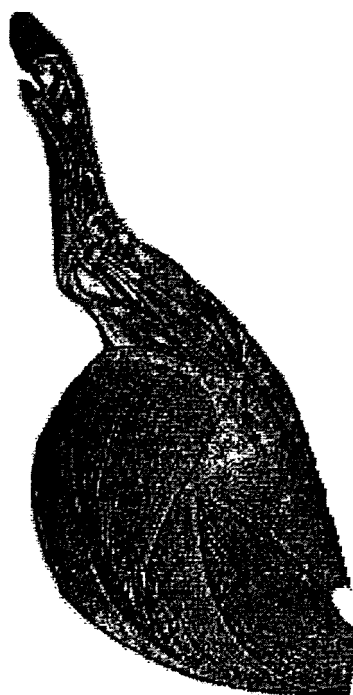


Fig. I.2 - Pernil de cerdo Ibérico.

Retirado el pernil con 8 a 11kg se perfila con el corte serrano en “V”, de la piel y el corte redondo o biselado del extremo de la pieza, se desangran y mantienen de 36 a 48 horas a temperatura de 1 a 4°C. Después de elegidos los perniles se inicia el procesado tradicional de: salado, post-salado, secadero y bodega.

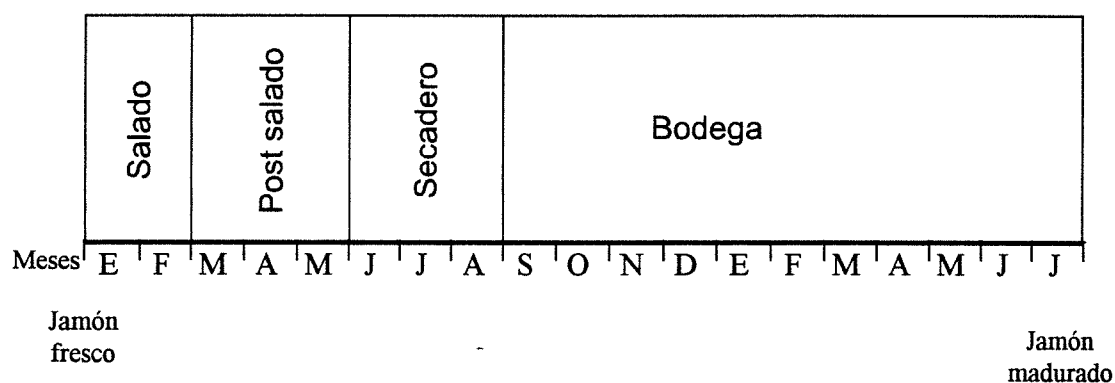


Fig. I.3 - Proceso de elaboración del jamón Ibérico.

I.4.2. Salado

De acuerdo con el sistema tradicional se utiliza el salado en seco, formando pilas de sal y adicionando una mezcla de sales nitrificantes, compuesta por nitrato y nitrito de sodio y también aditivos del curado, vitamina C, azúcar y colorantes, permaneciendo enterrados en sal de 1-3 días por kilogramo de peso dependiendo del tipo de jamón. Transcurrida la mitad de esta etapa se procede a un volteo de las piezas para que la sal penetre uniformemente por todo el jamón. La cámara de salado debe estar a temperatura de 3 a 5°C que mejora la difusión de la sal e inhibe el crecimiento de microorganismos, mientras la humedad relativa se mantiene alta, al rededor 90%, este factor es una ayuda a la difusión salina.

Terminada esta fase los jamones son lavados, cepillados para eliminar la sal superficial, se dejan escurrir en cámaras dos días, y en estas condiciones inician la fase siguiente.

I.4.3. Post-salado

Durante esta etapa se produce el equilibrio y la estabilización de la pieza y la sal alcanza una distribución homogénea.

En su primera fase de 30 a 45 días a temperaturas de 5°C la humedad relativa va sufriendo un descenso de 90 a 80%. En su segunda fase de aproximadamente 30 días empieza la subida de la temperatura hasta alcanzar 16-19°C y se produce un descenso de la humedad relativa que prepara al jamón para su entrada al secadero.

I.4.4. Secadero

Se piensa que es en esta fase donde se desarrollan los compuestos responsables del sabor y del aroma. es una fase que transcurre en ambiente natural en locales bien ventilados y con características de humedad relativa y temperatura que coinciden con las de los meses de verano, en que las temperaturas son altas oscilando de 15 a 30°C y la humedad relativa baja alrededor de 60-80%.

Parece ser que en esta fase se inician los procesos de lipólisis y proteólisis (Bello, 1985), con liberación de ácidos grasos, péptidos, y aminoácidos y además ocurren procesos de autooxidación con la correspondiente liberación de sus productos.

Al final del secadero los jamones pasan a la ultima fase que es la estancia en bodega.

I.4.5. Bodega

En la bodega se desarrolla la maduración de los jamones y se completa la generación de los compuestos responsables de su típicas características sensoriales.

Los fenómenos lipolíticos y proteolíticos que se van produciendo así como las reacciones de condensación entre los productos secundarios de estos procesos se ven favorecidos por el largo periodo de estancia en bodega.

Esta fase se desarrolla en cámaras en las que las condiciones ambientales se mantienen más estables, con temperaturas que oscilan entre 10-15°C en la época invernal y 18-22°C durante el verano.

La humedad relativa es alrededor de 70 a 80%. Esta fase tiene una duración variable, de un año hasta 18 meses dependiendo de la cantidad de grasa que posea el jamón, una abundante cobertura grasa permite estos largos periodos en el secadero y bodega ya que frena las pérdidas de agua.

Según la normativa correspondiente al jamón con denominación “Dehesa de Extremadura” (DOE, 30-5-90), las mermas al final del procesado deben ser de alrededor del 30%.

I.5. EFECTOS DEL PROCESADO SOBRE EL JAMÓN

Los jamones son sometidos a un proceso de maduración tradicional, que conjuga las distintas etapas con las condiciones ambientales, que incuestionablemente influyen de forma directa en la calidad del producto.

Durante este periodo se producen modificaciones en los compuestos nitrogenados y en los lípidos, por reacciones químicas y bioquímicas unidas a la actividad de la microflora de la carne y de la grasa (Cantoni y col., 1970 y Carrascosa y col., 1989). Estas reacciones originan una gran cantidad de productos sápidos y aromáticos en el jamón, además de darle su aspecto característico.

En la apariencia del jamón lo primero que se percibe es el color de la grasa subcutánea cercana al magro y de la grasa inter e intramuscular. La grasa subcutánea más cercana al exterior tiene coloraciones amarillentas. Este color amarillo va apareciendo a lo largo del procesado y puede llegar a ser casi anaranjado-marmoreo en el exterior (Santoro, 1984). Autores como Barton-Gade (1984), MAPA (1984), Santoro (1985), han citado que este color se debe a procesos oxidativos y a una posterior condensación carbonil-amina, dando lugar a la formación de polímeros coloreados (Lillard, 1987; Hutchings, 1993).

La formación de el pigmento de la maduración (“ageing pigment”) se debe a reacciones entre proteínas y el 1,3-propanodial (malonaldehído) este producto es derivado de la oxidación de los ácidos linoleico y araquidónico (Crawford y col., 1967; Gradener, 1979).

En las primeras etapas del procesado, dado que esta zona externa esta en contacto directo con el oxígeno ambiental, sujeta a altas temperaturas y expuesta a la luz, se producen condiciones optimas para la autooxidación. La autooxidación lipídica, forma aldehidos que reaccionan con aminoácidos dando condensaciones que originan los compuestos responsables de la coloración característica de la grasa (Labuza, 1971; Lillard, 1987).

El color del magro del jamón de cerdo Ibérico esta relacionado directamente con la formación del pigmento nitrosilmioglobina a partir de la reacción entre la mioglobina muscular y las sales nitrificantes.

El pigmento típico del color de las carnes curadas, debe su formación, según Skibsted (1992) a la reducción de nitratos a nitritos y de estos a oxido nitroso, por acción bacteriana, seguido de la oxidación de la mioglobina y la oximioglobina a metamioglobina que con el oxido nitroso forma la nitrosilmioglobina.

Se ha relacionado el color con otro pigmento que es originado por la mioglobina reducida en la que la molécula unida al hierro, es sustituida por un ligando nucleofílico de la mioglobina mientras que la molécula de agua se perdería por la deshidratación (Parolari y col., 1983).

El color típico y apreciado va del rosa muy intenso al rojo púrpura característico de animales mayores y propio del ejercicio del cebo en extensivo (Ruiz, 1996).

La grasa de veteado o de marmorización es en realidad el tejido adiposo situado entre las fibras musculares, envuelto por el tejido conectivo perimisial, o sea la grasa intramuscular, entre los fascículos musculares. El grado de veteado esta directamente relacionado con el porcentaje de grasa intramuscular y tiene una estrecha relación con la calidad de los productos cárnicos y con otros caracteres sensoriales como el flavor, el grado de dureza y la jugosidad (Ruiz, 1996).

El elevado grado de veteado constituye uno de los caracteres sensoriales decisivos en la aceptabilidad del jamón de cerdo Ibérico. Las denominaciones de origen que

promueven la producción de jamones Ibéricos en España, lo apuntan como carácter que debe presentar un jamón al corte (MAPA, 1986; DOE, 1990; MAPA, 1995).

La elevada proporción de grasa intramuscular del cerdo Ibérico, aproximadamente 8-10% (Antequera, 1990; Cava, 1994; López, 1995) y la fluidez de la misma, originan otra característica del aspecto al corte, que es un brillo intenso sobre la superficie (MAPA, 1986; DOE, 1992).

El brillo es debido a la fluidificación de la grasa y a la formación de una pequeña película de la misma que se extiende sobre la superficie. Shackelford y col., (1990) han observado en otros productos cárnicos este aspecto oleoso al aumentar la cantidad de ácidos grasos insaturados en la grasa pero en estos productos generalmente no se considera una característica de calidad.

En la carne y los productos cárnicos hay componentes no volátiles que son responsables de su sabor y sufren modificaciones durante el procesado del jamón. Los compuestos con importancia en el sabor en los productos cárnicos, son el cloruro sódico, aminoácidos, péptidos y nucleótidos, además de otros con menor importancia como los iones inorgánicos, las aminas, compuestos sulfurados y los heterociclos sulfurados y nitrogenados (Grill y Flynn, 1987).

En las sensaciones experimentadas por el consumidor es muy difícil separar el aroma y el sabor ya que algunas características del sabor están íntimamente relacionadas con el aroma del producto. En el momento de la masticación y la deglución del alimento se perciben un conjunto de sensaciones sápidas y aromáticas a las que se denomina flavor. En el jamón de cerdo Ibérico, de sus calidades sensoriales sobresale su aroma peculiar.

García y col., (1991); López y col., (1992) en sus estudios han encontrado gran cantidad de sustancias volátiles, sin que ninguna de ellas se considere una sustancia mas importante o determinante del flavor.

Las vías de formación de los compuestos del aroma del jamón Ibérico están ligadas a la proteólisis, la lipólisis y otras reacciones posteriores a partir de los compuestos

obtenidos por estas vías (De Prado, 1988; Antequera, 1990; Córdoba, 1990; Huertas, 1990).

La mayor parte de los compuestos volátiles provienen de la oxidación lipídica, sin embargo, los compuestos formados por los microorganismos así como los derivados de las reacciones de Maillard y las degradaciones de Strecker presentan aromas característicos y un bajo umbral olfativo por lo que se cree tienen también gran importancia.

Entre los compuestos químicos se encuentran los hidrocarburos, los aldehídos, las cetonas, los alcoholes, los ácidos carboxílicos, los ésteres, las lactonas y los furanos y además de compuestos azufrados, nitrogenados y clorados (Ruiz, 1996).

El aroma global del producto y el de cada una de las sustancias volátiles que contiene es difícil de evaluar ya que las que se encuentran en mayor concentración no implican necesariamente una mayor repercusión en el aroma, porque depende de su umbral de olfacción.

El jamón de cerdo Ibérico tiene como característica un aroma muy intenso y con un gran número de matices que hacen que se distinga de cualquier otro jamón.

I.5.1. Fenómenos proteolíticos

Los fenómenos que afectan los compuestos nitrogenados se inician en el sacrificio de el animal y continúan hasta el fin del procesado.

Con la interrupción de la circulación sanguínea cuando muere el animal, en el primer momento se instaura una glucólisis anaerobia, con formación de ácido láctico con lo cual se produce un descenso de pH y no se puede generar ATP. Con estos factores surgen las primeras modificaciones en las proteínas, sufriendo cambios de insolubilización y de hidrólisis.

Según Córdoba (1990) la insolubilización de las proteínas es debida a la desnaturalización de las proteínas miofibrilares y sarcoplasmáticas, hecho que ha sido comprobado por diversos autores (Acton y Slfe, 1969; Johnson y Hernrickon, 1970; Bernthal y col., 1989 citados por Córdoba, 1990). Por otra parte, las cantidades de ATP presentes, inferiores a $0.1\mu\text{mol/g}$, promueven la formación de enlaces permanentes entre la actina y la miosina.

En cuanto a la hidrólisis hay dos factores que favorecen la acción hidrolítica de las enzimas sobre las proteínas musculares, por un lado la disminución de la energía que mantiene las membranas celulares sin acortamientos, va facilitar la liberación de las enzimas del músculo, como los lisosomas y por otro, otros enzimas musculares son activados por los mismos factores que se liberan durante la transformación del músculo en carne.

Las estructuras proteicas extracelulares del tejido conectivo también se ven afectados por estas modificaciones.

Para tratar mejor el estudio de la proteolisis, serán divididas en proteínas solubles y insolubles.

Las proteínas solubles del músculo se incluyen en dos grupos:

- Sarcoplasmáticas
- Miofibrilares

Las insolubles constituyen el tejido conectivo (colageneo).

Las reacciones de proteolisis afectan especialmente a las proteínas miofibrilares, como la miosina, proteína C y M, la dinámica de esta actividad enzimática tiene lugar en una primera fase en que se obtienen los compuestos nitrogenados de mayor peso molecular, como los pepetidos y por ultimo una actividad mas intensa que origina los aminoácidos. Según esto se comprende que durante estos fenómenos se vayan incrementando los valores de nitrógeno no proteico (NNP).

Introducción

Durante la etapa de salado las concentraciones de ClNa en los músculos semimembranosos y biceps femoral junto con la caída del pH y la deshidratación, son los factores necesarios para que se produzca una desnaturalización de las proteínas que se materializa en un descenso de la cantidad de proteínas miofibrilares.

En el inicio del post-salado hay una nueva disminución de la capacidad de extracción de las proteínas, probablemente debido a la acción conjunta de pH, sal y deshidratación. Pero las condiciones no son drásticas para las proteínas porque distintos experimentos realizados muestran que tras resolubilizarlas en tampones apropiados vuelven a tener actividad. Al final del post-salado las oscilaciones de los factores ya mencionados serán acompañadas de un aumento de temperatura, lo que explica el hecho de que pierdan de nuevo su capacidad de solubilizarse.

En las etapas de secadero y bodega se va verificando un descenso gradual de la solubilidad de las proteínas, en las que los responsables son los mismos factores pero ahora acompañados por una fuerte deshidratación.

Los estudios de Córdoba (1990) muestran que las proteínas miofibrilares como la miosina y la proteína C y M, las del citoesqueleto y también la troponina T, son las más afectadas por la acción de los enzimas. Estas proteínas comienzan a hidrolizarse antes del inicio de salado y por eso se cree que la hidrólisis puede deberse a enzimas musculares y microbianos.

Las enzimas tisulares, como las catepsinas y la proteinasa neutra activada por el calcio, CANP (Calcium Activated Neutral Proteinase), no se conoce como o cuando actúan durante la maduración (Córdoba, 1990).

Los factores que hemos citado como actividad del agua (A_w), concentración en sal pueden ser limitantes a la acción de los enzimas tisulares.

En las proteínas insolubles como el colágeno, se observa un aumento de la insolubilidad, en la etapa de salado y post-salado, debido a formación de enlaces

no reducibles entre las moléculas de tropocolageneo, por efecto de la deshidratación.

El NNP ha sufrido un fuerte incremento a lo largo de la maduración, pero no siempre gradual, en la etapa de salazonado hay un aumento importante que según algunos autores citados por Córdoba (1990) se debe al aumento de nitrógeno peptídico, durante la primera fase de post-salado continúa este aumento pero en esta fase también hay un aumento de nitrógeno aminoacídico. El nitrógeno básico volátil no aumenta, lo que indica una actividad microbiana muy baja, lo que a su vez se explica con las bajas temperaturas de 8°C.

En el etapa de secadero se revitalizan los fenómenos proteolíticos y se constata un gran aumento de NNP, debido al aumento de nitrógeno aminoacídico y nitrógeno básico volátil.

También en la bodega, en general se produce un aumento del NNP debido al incremento de nitrógeno aminoacídico y aminas, además se observa un descenso de nitrógeno peptídico. Al igual que en secadero estos fenómenos hidrolíticos son debidos a enzimas inespecíficas en cuanto al lugar de actuación (oligopeptidasas, tisulares y microbianas), en la primera fase de la bodega. En la segunda mitad de la bodega hay un descenso de A_w lo que puede originar una parada de las enzimas tisulares y una disminución del crecimiento microbiano. Molina y col (1989 a) indican que los valores de A_w y la concentración de nitritos no son, por si solos, suficientes para inhibir los microorganismos predominantes en la flora de jamón (Micrococcus sp y Staphylococcus sp), además en esta fase se va incrementando la temperatura, permitiendo el desarrollo de los microorganismos, lo que hace que se mantenga la actividad microbiana durante la primera mitad de la bodega.

Los aminoácidos libres se van incrementando durante el proceso de elaboración, según Córdoba (1990) cada uno de los aminoácidos se multiplican al final del proceso por valores que oscilan entre 5 y 60, hasta excepcionalmente a 800 como es el caso del triptofano. Los aminoácidos que presentan una mayor concentración

al final del procesado son el glutámico, alanina, leucina y glicina, y los que se encuentran en menor concentración son la histidina y asparragina.

La tirosina tiene también concentraciones considerables y al al final de la etapa de secadero se pueden encontrar cristales de difícil solubilización según algunos autores citados por Córdoba (1990). La tirosina puede ser incrementada por la proteólisis pero también por generación microbiana de tirosina a partir de los mucopolisacaridos del tejido conectivo.

Los aminoácidos que menos se incrementan en la etapa de bodega son la isoleucina, valina, prolina, finilalamina, histidina, asparragina y glutamina que debido a su degradación por la vía de Strecker, puede originar la formación de aldehidos. García y col., (1990) han identificado en el jamón aldehidos como el 2-metilbutanol, 3-metilbutanol y acetaldeido, provenientes de la degradación de Strecker.

Otros compuestos nitrogenados que se van formando durante la maduración son las aminas como la putrescina, histamina y espermina y en mayor grado la tiramina, espermidina y cadaverina. La evolución de las aminas, en general es similar a la del nitrógeno básico volátil. Las aminas se forman en gran parte por la acción de las descarboxilasas microbianas sobre los aminoácidos, lo que se observa en las etapas de secadero y bodega debido a un aumento de temperatura. Por otra parte se cree que los microorganismos utilizan las aminas como fuente de nitrógeno, provocando su descenso.

La transformaciones de las fracciones nitrogenadas a lo largo de la maduración incrementan el NNP en sus distintas fracciones. La fracción de nitrógeno aminoacídico debido a su alta reactividad con los compuestos reductores en las condensaciones de Maillard (Ashoor y Zent, 1984; Wong y Stanton, 1989) y en las reacciones de la degradación de Strecker, forma productos aromáticos, como aldehidos, dicarbonilos, etc. (García y col., 1991).

Las reacciones de Maillard y las degradaciones de Strecker dan lugar a α -dicarbonilos, pirazinas, furanos, piroles, tiofenos y piridinas. Las reacciones de Maillard originan aminas, ácidos lactonas tioles, tianos, tiolanos, tiazoles, tiazolinas y tiazolidinas (citado por McLeod y Seyyedains-Ardebili, 1981).

La degradación de Strecker origina la desaminación-descarboxilación oxidativa de un α -aminoácido dando un aldehído con un átomo menos de carbono.

Los productos de las reacciones de Maillard con los derivados de la degradación de Strecker y la autooxidación de los lípidos forman compuestos aromáticos de gran importancia (Whitfield, 1992).

En el jamón de cerdo Ibérico se han identificado compuestos derivados de las reacciones citadas (García y col., 1991; Antequera y col., 1992; Ventanas y col., 1992). Aunque la mayor parte de los compuestos volátiles son originados por oxidación lipídica no son despreciables los procedentes de las fracciones nitrogenadas.

I.5.2. Fenómenos lipolíticos

En los estudios de Antequera (1990) se pone de manifiesto que la composición de ácidos grasos de la grasa subcutánea de los perniles de cerdo Ibérico alimentados con bellota presenta una gran insaturación debido al gran porcentaje de ácido oleico y linoleico.

Ordoñez y col., (1992) comprobaron que los cerdos alimentados con una dieta rica en ácidos grasos insaturados, aumentan el grado de insaturación en los lípidos de la carne hecho que influye en la fluidez de la grasa y los procesos degradativos durante la maduración.

Este tipo de jamón tiene una gran tendencia a la acumulación de grasa, dado el carácter adipogénico propio de la raza del tipo de alimentación y de la edad al sacrificio.

Durante todo el proceso de maduración hay cambios de los lípidos, por degradaciones lipídicas o por procesos lipolítico-oxidativos Antequera (1990). Lo primero que llama la atención es una disminución en la capacidad extractiva de la grasa con cloroformo/metanol. Este hecho puede deberse a la penetración de la sal y la acción emulsificante de las proteínas solubilizadas por la sal. Los fenómenos lipolíticos durante la maduración multiplican los ácidos grasos libres por un factor alrededor de 6 (Antequera y col., 1992). Se sabe que la acción enzimática y el aumento de la temperatura favorecen la hidrólisis de los enlaces éster de los lípidos y se van formando los ácidos grasos libres. En los jamones se van hidrolizando los triglicéridos y fosfolípidos que por procesos enzimáticos van a dar los ácidos grasos libres que a su vez son susceptibles de sufrir reacciones de autooxidación.

Durante la maduración los cambios en los lípidos según Antequera (1990) se producen en dos fases, la primera, tiene lugar al mismo tiempo que la estabilización de la pieza (salado, post-salado y secadero) y la segunda en la fase de bodega en la que se originan importantes compuestos que influyen directamente en las características sensoriales.

En la etapa de salado la lipólisis se desarrolla muy intensamente debido a las enzimas tisulares.

En la etapa de secadero los ácidos grasos libres se van acumular debido a la presencia de antioxidantes que impiden la oxidación de estos ácidos.

Según algunos autores hay una mayor actividad lipolítica en el músculo semimembranoso, debido a la presencia de micrococos y levaduras que tienen enzimas lipolíticas y a la posible actividad de las lipasas tisulares (Girard y Bucharles, 1985).

Al hacer el estudio de los triglicéridos se ha concluido que la mayor lipólisis ocurre en las primeras etapas hasta el secadero, disminuyendo su cantidad en todos los músculos estudiados, en esta etapa el ácido linoleico tiene una subida y lo mismo ocurre con el ácido oleico, sin embargo este ascenso no es suficiente para justificar

la intensa lipólisis, por lo que se supone que la velocidad de oxidación y de degradación de los compuestos es mayor que su liberación y que estos ácidos se oxidan para formar peróxidos y carbonilos, solamente los ácidos palmítico y estearico no sufren una fuerte oxidación.

Durante la etapa de bodega la lipólisis continua su acción aunque más lentamente en los triglicéridos, pero es considerable la formación de ácidos grasos libres provenientes de fosfolípidos, mono y diglicéridos.

En el inicio de bodega los jamones de cerdo Ibérico están sujetos a una mayor lipólisis ya que se registra un mayor grado de acidez y un incremento de la cantidad de ácido palmítico y estearico. Solamente la oxidación de lípidos saturados puede ser despreciada.

En la media bodega todos los ácidos grasos libres aumentan, excepto el ácido linoleico, Antequera (1990), ha comprobado que se incrementa la cantidad de hexanal y 2,4 decadienal que son los compuestos derivados de la oxidación de linoleico y también hay un incremento de nonanal, debido a que el oleico sufre procesos degradativos, mientras que se observa un elevado índice de peróxidos debido a que se van oxidando los ácidos grasos insaturados.

En el fin de bodega, los peróxidos disminuyen considerablemente, según algunos autores, se debe a la interacción de los peróxidos con las proteínas.

Durante todo el procesado se establecen rutas oxidativas pero sin embargo no se observa una rancidez manifestada, con malos olores y sabores probablemente debido a que el efecto antioxidante contrarresta la acción de oxígeno, sal, hierro y los peróxidos microbianos.

I.5.3. Fenómenos de Autooxidación

Durante la maduración del jamón ocurren reacciones de autooxidación que serán afectadas por todas las variaciones del procesado y por los compuestos que se van formando. Son reacciones complejas y afectadas por los metales, aminoácidos, proteínas y antioxidantes naturales, sin embargo predominan los fenómenos autooxidativos sobre los lipolíticos.

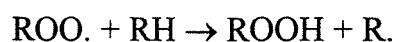
La autooxidación, o la reacción con el oxígeno molecular es una de las principales responsables del deterioro producido por la oxidación lipídica, sin embargo en el jamón algunos de los compuestos finales de este proceso son deseables y hasta son una de las razones de sus características peculiares.

La reacción química entre el oxígeno y los compuestos orgánicos implica la formación de radicales libres, transformando los productos primarios de la oxidación, los hidroperóxidos, autocatalíticamente.

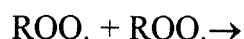
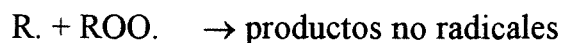
Mecanismo simplificado de la formación de los radicales libres:

Iniciación → producción de R. o RO₂

Propagación R. + O₂ → ROO.



Terminación - interacción de los radicales



Cuando hay formados radicales libres suficientes, la reacción en cadena se propaga

Introducción

y las posiciones α de los dobles enlaces, adicionan oxígeno formando ROO. que seguidamente captan hidrogeno de los grupos α -metilo (RH) y ROOH y R., y a su vez va reaccionando con oxígeno repetidamente

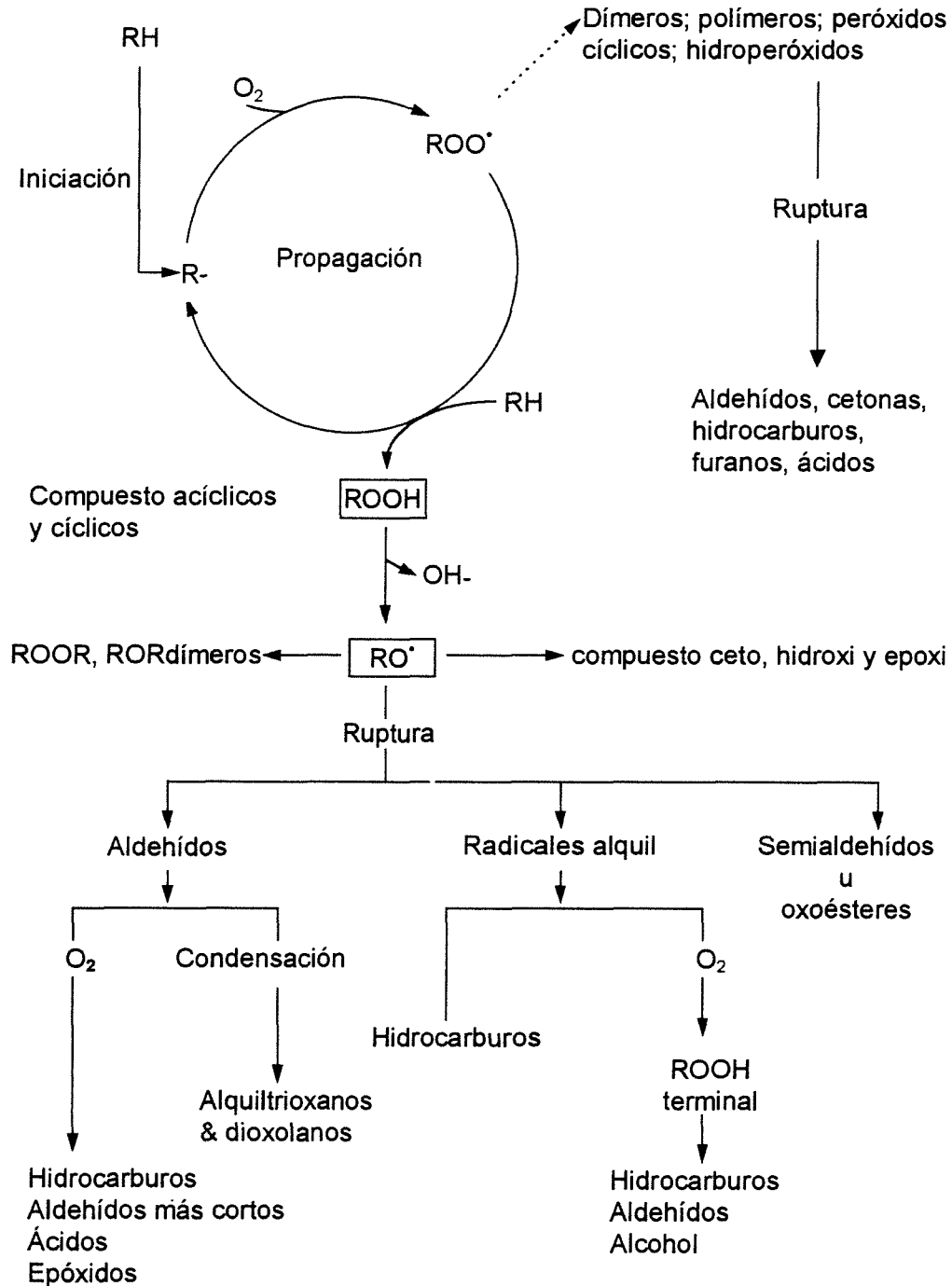


Fig. I.4 - Esquema general de la autooxidación de los lípidos (según la Química de los Alimentos de Owen R. Fennema, 1993)

Las reacciones de rancidez de las grasas pueden ser aceleradas o inhibidas por la ausencia o presencia de compuestos químicos en los tejidos animales, y también por factores externos como la luz, el calor, la deshidratación y el aire (Khayat y Schawll, 1983). A estos catalizadores se añade además el pH, Aw, sal, hemoglobina y ferroporfirinas.

Todos estos factores juntos durante la maduración hacen que la autooxidación tenga un máximo, en el periodo de estabilización de la pieza, que se puede localizar al fin del post-salado, según Antequera (1990) es donde se forman masivamente los aldehidos. Durante esta etapa se señala una autooxidación acelerada con la formación de peróxidos que van desminuyendo para formar carbonilos y otros compuestos de degradación.

Los factores que controlan el procesado en esta fase son favorables a estas transformaciones. La temperatura empieza a subir desde 4-5°C hasta 20°C, la sal empieza su penetración (hasta 4.57% de ClNa en el semimembranoso y 3.44% en el biceps). El hierro hemínico ha sido requerido para formar nitrosil mioglobina.

La autooxidación no se intensifica en el secadero a pesar de tener condiciones aparentemente favorables, pero según Antequera (1990) las temperaturas elevadas favorecen además reacciones entre los aldehidos y reacciones de degradación de los mismos y también las degradaciones de proteínas, formando los aminoácidos básicos, que en esta etapa, con los valores de pH (6.06) y de Aw (0.88 en semimembranoso y 0.92 en biceps femoral) tiene alguna capacidad antioxidante. Mientras que los ácidos grasos libres, más insaturados, se van agotando y por falta de sustrato se va inhibiendo la autooxidación.

Otro factor prooxidante que se va agotando en esta fase es la mioglobina. La mioglobina se transforma en nitrosilmioglobina produciéndose una modificación en el grupo hemo de prooxidante a antioxidante (Mac Donald y col., 1980; Kanner y col., 1984). Autores citados por Antequera (1990) señalan que el nitrito puede actuar como antioxidante en presencia de la nitrosilmioglobina causando una inhibición de la oxidación.

Introducción

La temperatura alta facilita el desarrollo de la autooxidación, como ocurre en el post-salado, pero también hace que el oxígeno no se difunda en la pieza desde el exterior donde la autooxidación es alta, entonces, ella se puede frenar en el interior, creciendo también la cantidad de peróxidos.

Durante la estancia en bodega la autooxidación continua pero mas frenada, sin embargo hay muchos substratos oxidables y si hay una disminución de la autooxidación debe ser responsabilidad de algún antioxidante procedente de la reacción de lípidos y proteínas entre sí. Los ácidos grasos insaturados aumentan considerablemente, al final de bodega, y se observa una degradación oxidativa de los aldehidos insaturados (Antequera, 1990).

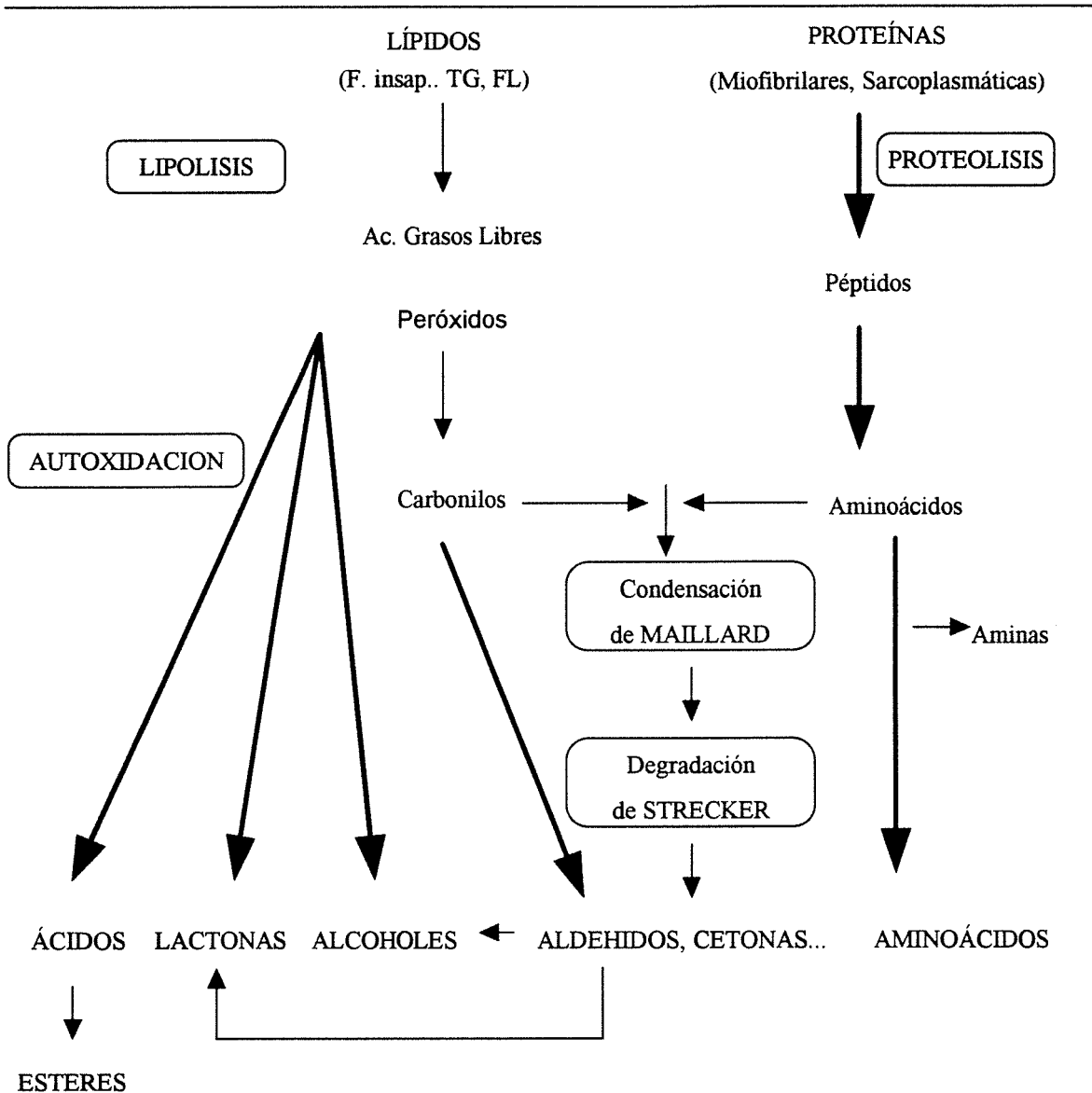


Fig. I.5 - Posibles interacciones de los principales compuestos de descomposición de lípidos y proteínas durante la maduración del jamón según Antequeras (1990).

I.5.4. Productos de la oxidación

Los compuestos finales de los procesos oxidativos de que hemos hablado hasta ahora parecen ser los responsables de la calidad indiscutible del jamón de cerdo Ibérico cebado con bellota, entre ellas están compuestos volátiles, como los aldehídos alifáticos o aromáticos (degradación de Strecker), las cetonas lineales o

ramificadas (metilcetonas), alcoholes lineales y ramificados y alcanos, en especial los ramificados, de los que se sospecha que pueden estar directamente relacionados con la alimentación de los cerdos en la dehesa.

Los hidroperóxidos son los compuestos intermediarios para la formación de los productos finales, debido a su estabilidad originan radicales alcoxil libres, que se descomponen por desdoblamiento que se produce en cada carbono que tiene un átomo de oxígeno.

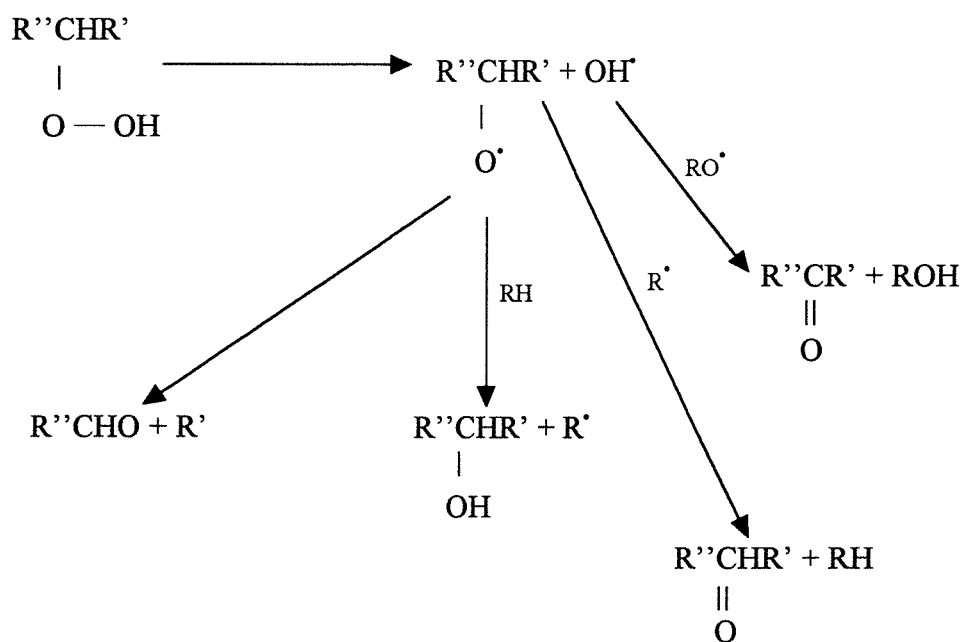


Fig. I.6 - Formación de productos secundarios de la oxidación a partir de Hidroperóxidos (Hamilton, 1989)

El hexanal y 2,4 decadienal y el pentano son los compuestos que se forman por degradación del ácido linoleico. El ácido oleico origina una gran variedad de productos, aldehídos (octanol nonanal) y otros procedentes de los peróxidos. En cuanto al ácido linolénico produce principalmente aldehídos insaturados.

Introducción

Ácido graso	Aldehído
Oleico	Heptanal Octanal Nonanal 2-Decanal
Linoleico	Hexanal Heptanal 2-Heptanal 2-Octanal 2,4 Decadienal
Linolenico	2-Hexanal 3-Hexanal 2,4,7-Decadienal

(según Antequeras, 1990)

Los aldehídos y dialdehídos reaccionan con los grupos aminados de las proteínas y forman las bases de Schiff, los productos finales de la reacción son macromoléculas llamadas melanoidinas que son inestables y originan compuestos volátiles que influyen en el olor (Frankeel, 1984).

Los productos procedentes de la oxidación de los lípidos y de las reacciones con los glucidos y aminos ácidos desarrollan sabores deseables (Mottran y Edwards, 1983 y Whitfield y col., 1987).

Además de los olores y sabores también las propiedades reológicas se ven afectadas por las reacciones referidas que influyen en la solubilidad y la capacidad de retención de agua.

Los compuestos carbonilos según algunos autores citados por Antequera (1990) originan alcoholes, como el n-hexanol, n-butanol, pentanol, 1-octanol a partir del ácido linoleico.

También se encuentran alcanos y alquenos, ácidos carboxílicos, esterres, cetonas.

La autooxidación del ácido araquidónico forma en una primera fase tres radicales pentadienilos, el ataque continuado del oxígeno forma seis hidroxiperoxidos. Las interacciones de los hidroperoxidos y sus productos secundarios con las proteínas y con las aminos ácidas influyen en las características sensoriales.

Como hemos visto hasta hora la oxidación lipídica es una compleja red de reacciones y de cambios lipolítico-oxidativos que ocurren durante el post-salado y secadero y que constituyen el inicio de la formación de los compuestos que se encuentran al final de la bodega.

El conocimiento de la naturaleza y extensión de las reacciones de oxidación es muy importante para valorar todos los fenómenos que se observan durante la maduración del jamón.

Las determinaciones analíticas pueden responder a algunas cuestiones. Los métodos utilizados son distintos y entre los mas usados están:

- Índice de peróxidos,
- Índice del ácido de tiobarbitúrico (TBA),

además de otros que son específicos para determinados compuestos finales del proceso de autooxidación.

Los peróxidos son los compuestos que inician la autooxidación, y su determinación se puede hacer por varias técnicas fundamentadas en su capacidad para liberar el iodo del yoduro potasico cuando se oxidan iones ferrosos a férricos.

El índice de peróxidos, mide usualmente los miliequivalentes de oxígeno por kg. de grasa, y se utiliza para el seguimiento de la formación de peróxidos a lo largo de las etapas de oxidación, pero su exactitud es cuestionable, los resultados son susceptibles de modificaciones según el procedimiento empleado, y la técnica es sensible a las oscilaciones de temperatura.

En el caso del jamón, según Antequera (1990) el índice de peróxidos tiene un máximo después del salazonado, y en las etapas de post-salado y secadero su valor sufre un considerable aumento, pero es en la etapa de media bodega donde se verifica su mayor valor, por lo que se piensa que hay una intensa oxidación y en la ultima fase de bodega los peróxidos disminuyen apreciablemente, y posiblemente hay una disminución de la autooxidación. Antequera (1990) ha observado que los valores del índice de peróxidos son más elevados en los músculos superficiales, debido a su localización externa que ayuda a una mayor difusión del oxígeno. Es preciso destacar también el mayor grado de acidez que presentan los músculos semimembranosos frente a los biceps, lo que puede probar una mayor actividad lipolitica en los músculos superficiales, reflejo también de la presencia de micrococos y levaduras con enzimas lipoliticos.

El índice de peróxidos, según Martín (1996) presenta un incremento durante el post-salado, que continúa en el secadero, siendo aquí mas significativo. En el inicio de bodega hay un descenso y al final de bodega se registra un nuevo incremento de la cantidad de los peróxidos. Al contrario de lo encontrado por Martín en 1996, Antequera (1990) había descrito la disminución del índice de peróxidos en la ultima fase de la bodega, lo que se explica con la formación de los compuestos finales de la oxidación, como se ha referido anteriormente.

A los cuatro meses de estancia en bodega se observó un fuerte descenso de los niveles de aldehidos volátiles, coincidente con lo mismo en el índice de peróxidos en esta etapa. La explicación posible es un aumento de la oxidación en la etapa de secadero, que ha producido un agotamiento de los substratos y por lo tanto frena la formación de aldehidos volátiles, además de producirse reacciones de degradación de estos y de los compuestos provenientes de la degradación de proteínas y aminoácidos que conducirían a la formación de compuestos de Maillard.

Los compuestos antioxidantes como α -tocoferol, el desarrollo en la superficie del jamón de mohos, ya descritos como antioxidantes e incluso la presencia de microorganismos pueden actuar disminuyendo los niveles de peróxidos y monocarbonilos.

El índice del ácido tiobarbitúrico es una de las técnicas mas utilizadas para evaluar la extensión de la oxidación de los lípidos. Los productos de oxidación de los compuestos insaturados dan productos de reacción coloreados, debido a la condensación de dos moléculas de tiobarbitúrico con una molécula malonaldehido. Además del malonaldehido, los alcanales, alquenes y los 2,4 dienes dan reacciones con el TBA, pero solo los dienes dan color rojo a 530nm.

Las sustancias capaces de reaccionar con el ácido tiobarbitúrico se producen en cantidades suficientes a partir de la oxidación de ácidos grasos polinsaturados.

El mecanismo propuesto por Dahley y col., (1962) sugiere que los radicales que tienen un doble enlace β - γ respecto al carbono que contiene el peróxido, pueden formar hidroperoxidos cíclicos, siempre que contengan mas de dos dobles enlaces y se descomponen para formar malonaldehido.

El malonaldehído reacciona con las proteínas en los sistemas oxidados, dando valores muy bajos, dado que se agota en otra reacción y no reacciona con el TBA.

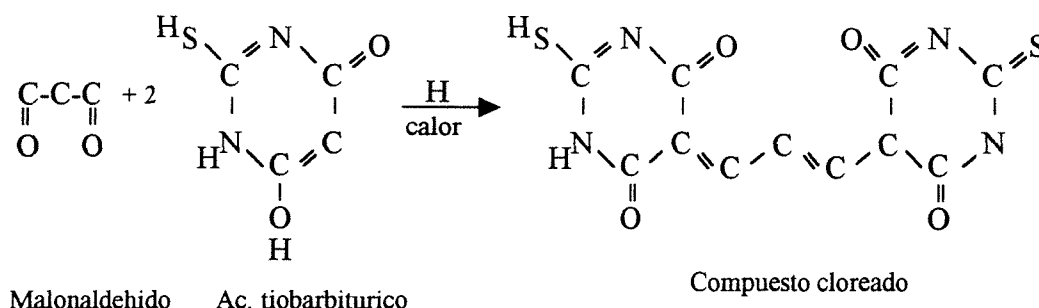


Fig. I.8 - Reacción del malonaldehído con 2 moléculas de tiobarbitúrico (TBA)

El método analítico del TBA tiene su utilización para comparar muestras de un mismo material en diferentes fases de oxidación.

Algunos autores han señalado que el índice de TBA no es un método específico para cuantificar la posible rancidez del producto (Sato y col., 1973; Pearson y col., 1977), ya que en jamón Ibérico las sustancias con gran potencial aromático pueden enmascarar la rancidez.

Según Ruiz (1996) los valores de TBA disminuyen significativamente durante la etapa de bodega hecho verificado por Díaz (1993) en jamón de cerdo blanco, y por Huertas (1990) en jamón de cerdo Ibérico. Esta misma disminución se ha observado al final del procesado en otros parámetros relacionados con la oxidación de lípidos, como el índice de peróxido tanto en jamón de cerdo blanco (Flores y col., 1985) como en jamón de cerdo Ibérico (Huertas, 1990; Antequera y col., 1992).

Como ha observado Ruiz (1996) el índice de TBA de los jamones disminuye de 420 días a los 600 días debido a que este periodo transcurre durante la época estival, y las temperaturas de la bodega se mantiene por encima de 20°C, lo que

llevaría a condiciones favorables para la oxidación lipídica, junto con otros factores prooxidantes como el ClNa, la existencia de peróxidos provenientes de la oxidación desarrollada hasta esta fase, y el hierro de la mioglobina, aunque en esta fase se ha pasado a nitrosilmioglobina (Córdoba, 1990) que tiene actividad antioxidante (Mc Donald y col., 1980; Kanner y col., 1984).

La disminución del malonaldehído se puede deber a distintas razones que enumeramos a continuación

1 - El malonaldehído es muy reactivo y reacciona con aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos y grupos sulfhidrilo, reacciones descritas por (Crawford y col., 1967; Chio y Tappel, 1969 a, b; Draper y col., 1986).

2 - La formación de compuestos con actividad antioxidante a partir de reacciones de Maillard, algunos compuestos volátiles han demostrado una acción protectora contra la oxidación lipídica como la del α -Tocoferol, estas reacciones entre compuestos carbonilos y aminoácidos son propias de alimentos que han sufrido un tratamiento térmico, pero han sido descritas en jamón Ibérico, con condiciones de pH, actividad del agua (0.90-0.95), y la duración del procesado son susceptibles de su desarrollo (Ventanas y col., 1992).

3 - Se han encontrado aminoácidos libres como la histidina y la prolina (Tjho y col., 1969) con efecto antioxidante.

El índice de TBA medido en carne fresca y la mantequilla presenta una relación directa entre sus valores y la rancidez sensorial, según algunos autores citados por Ruiz (1996). Sin embargo el malonaldehído es un compuesto inodoro (Shahidi y col., 1986) lo que nos hace pensar que las relaciones encontradas no son directas, pero permiten establecer un paralelismo entre el índice de oxidación y la rancidez.

II. PLANTEAMIENTO Y OBJETIVOS

II. PLANTEAMIENTO Y OBJETIVOS

Dado el innegable interés económico y social que ofrecen el cerdo Ibérico y sus productos en el sudoeste de la península Ibérica, hemos centrado este trabajo de investigación en el seguimiento de la maduración del jamón.

El objetivo de nuestro estudio es determinar la utilidad de técnicas como la medida del nitrógeno no proteico o el índice del ácido tiobarbitúrico como indicadores de la evolución de las sustancias nitrogenadas y lipídicas durante el procesado del jamón. Ambas técnicas son relativamente sencillas y no requieren un instrumental de laboratorio complejo. Al contrastar los resultados de estas técnicas con los de otros métodos mas sofisticados utilizados con la misma finalidad, pretendemos averiguar si estas técnicas más simples y menos costosas pueden servir de controladores de la maduración.

III. MATERIAL Y MÉTODOS

III. MATERIAL Y MÉTODOS

III.1. MATERIAL

III.1.1. Reactivos

Los productos químicos empleados en este trabajo fueron de calidad reactivo y procedían de las firmas comerciales CARLO ERBA, MERCK, PANREAC, SIGMA Y RIEDL.

III.1.2. Aparatos

Las pesadas rutinarias se realizaron en una balanza Selecta 140g (± 10 mg) y las de precisión en una balanza analítica SARTORIUS Mod. 160 A ($\pm 0,1$ mg) y en una balanza analítica Mettler Ae 200.

La temperatura y la humedad relativa se midieron con un termómetro de mercurio y con un higrómetro de bulbo seco/bulbo húmedo respectivamente.

Para el picado y homogeneización de las muestras se utilizó una picadora Moulinex y un homogenizador Sorvall-OMNI-MIXER, para la determinación del TBA, un homogenizador Polytron PT3000 Kinematica AG.

Las determinaciones de pH en el laboratorio se efectuaron con un pH-metro CRISON Mod. 2002, y en el matadero con un pH-metro CRISON Mod. 506 equipado con electrodo de punción. Para las determinaciones de absorbancia (NNP) se empleó un espectrofotómetro VIS-UV Hitachi Mod. 100-2004 y un espectrofotómetro Shimadzu UV-160A.

Las centrifugaciones se efectuaron en una centrifuga refrigerada Beckman Mod. J2-21.

III.2. MÉTODOS

III.2.1. Proceso de Elaboración

Para la realización del presente trabajo se utilizaron 45 cerdos del Tronco Ibérico puros, alimentados con bellota, en el periodo de cebo, en montanera y pertenecientes a la explotación de la línea Valdesequera.

Los cerdos fueron sacrificados, cuando alcanzaron el peso apropiado (alrededor de 160kg), en el matadero industrial Fricosi de Olivenza (Badajoz).

Obtenidos los perniles, fueron rápidamente introducidos en una cámara frigorífica a una temperatura de -1°C. Los perniles poseían un peso aproximado de 10-11 kg. Una vez perfilados se eligieron 5 jamones para la toma de muestras del producto fresco y los demás fueron procesados de acuerdo con los sistemas de elaboración tradicionales, en dos industrias de la región Extremeña, 15 perniles se quedaron en la industria Fricosi de Olivenza (Badajoz) y los 25 restantes se trasladaron a temperatura de refrigeración hasta la fábrica de Carcesa en Mérida (Badajoz) donde se realizaron las fases de salado y post-salado para posteriormente continuar el secado-maduración en Montánchez (Cáceres).

El salazonado comienza con la aplicación de una mezcla de sal nitrificante. En Olivenza se utilizó sal que contenía nitrato potásico y nitrato sódico (E252 y E250), citrato sódico (E331) como antioxidante sinérgico y colorante rojo Ponceau 4R (E-124). A esta mezcla se añadió además 2g/kg de nitrito sódico y 4g/kg de azúcar. Posteriormente permanecieron en pilas de sal común durante 1 día/kg, en salas de refrigeración entre 0-3°C con una humedad relativa entre el 75%-90%, al final de la salazón se eliminó la sal superficial mediante lavado cepillado y posterior escurrido a temperatura de refrigeración durante dos días.

En Mérida los perniles se frotaron con sal añadida con nitrito sódico y se colocaron en pilas de sal común. La cámara de salazonado tenía una temperatura entre 3-5°C con una humedad relativa de 80%. Después del salado se lavaron cepillaron y escurrieron los perniles durante dos días, en refrigeración.

En Mérida se mantuvieron 64 días en las cámaras de post-salado a una temperatura 3-5°C a una humedad relativa del 80%.

En Olivenza se prolongó por 68 días en la camara a una temperatura de 1-2°C cada 5 o 6 días hasta 14-15°C al fin, la humedad se cambió de 85% al 70%.

En el mes de Abril, al final de el post-salado, los jamones se trasladaron a los secaderos naturales. En Montánchez permanecieron 121 días a temperaturas que oscilaron de 4°C hasta 27°C con humedad relativa de 70% hasta 43%.

En Olivenza permanecieron 144 días a temperaturas mínimas en Abril y maximas en Agosto de 5°C a 25°C, con humedad relativa entre 70% hasta 50%.

En la ultima etapa los jamones se llevaron a bodegas hasta completar su maduracion que fue de 441 días en Olivenza se quedaran 441 y 468 días en Montánchez.

En Olivenza la temperatura de bodega osciló entre 11°C y 23°C siendo la registrada en Montánchez de 27°C en el mes Agosto y de 10°C en el mes mas frío. En Montánchez y Olivenza, la humedad relativa varió entre 58% y 90%.

III.2.2. Toma de Muestras

Con objeto de estudiar la evolución de los parámetros físico-químicos y biológicos durante la maduración del jamón se establecieron seis puntos de muestreo. En cada uno de ellos se analizaron un número variable de piezas según la disponibilidad de jamones por un lado y la voluntad de minimizar errores por falta de uniformidad por otro.

Material y Métodos

	SACRIFICIO Y REFRIGERACION	SALADO	POST-SALADO	SECADO	BODEGA
Días de procesado en Olivenza	0	0	80	224	0 0 665
Días de procesado en Montánchez	0	-	76	197	314 465 665
Toma de Muestras	F	S	Ps	SE	B1 B2 PF
Numero de muestras en Olivenza (Ibérico x 100%)	5	0	5	6	0 0 4
Numero de Muestras en Montánchez (Ibérico x 100%)	5	0	6	5	5 5 3

Fig. III.1 - Esquema representativo de las diferentes tomas de muestras realizadas, donde se indican las etapas y días en las que se hicieron, junto con el número de jamones que tomaron en cada caso.

Símbolos:

- F - Fresco
- Ps - Post-salado
- S - Secadero
- B1 - Bodega 1
- B2 - Bodega 2
- PF - Producto final

Los jamones utilizados en cada uno de los puntos del muestreo fueron trasladados al laboratorio donde se tomaron muestras del músculo semimembranoso y biceps femoral. En la figura III.2 se representa un corte transversal de la masa muscular del jamón a nivel del tercio medio del fémur donde se observa la situación anatómica de los músculos utilizados en el presente estudio.

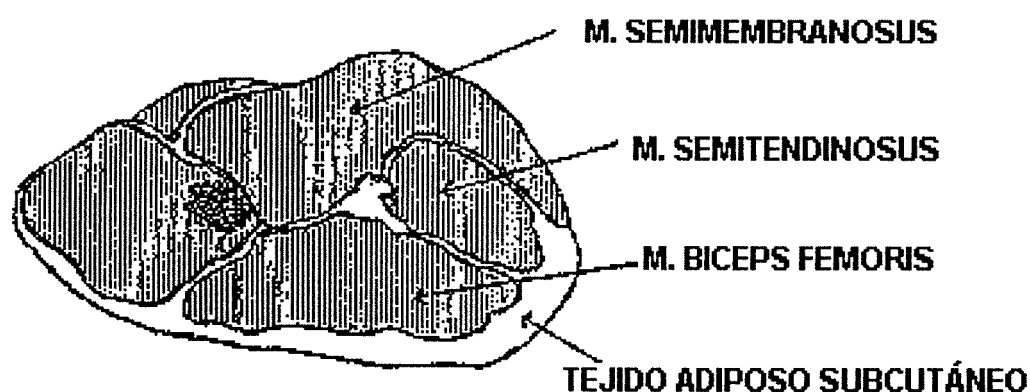


Fig. III.2- Corte transversal de la masa muscular del jamón donde se observa la situación de los músculos Semimembranosos y Biceps femoral.

Una vez obtenido el músculo se homogenizó y se realizaron de forma inmediata las determinaciones de Humedad, pH, Capacidad de retención de agua (C.R.A.) y Actividad del agua (A_w).

Las fracciones de cada muestra no empleadas para estos análisis se congelaron a -84°C y se mantuvieron a esta temperatura hasta las restantes determinaciones.

III.2.3. Determinación de los parámetros Fisico-químicos

III.2.3.1. Determinación de Humedad

La humedad se determinó siguiendo la técnica descrita en la Norma ISO-1442.

Se utilizó una cápsula de porcelana con arena de mar de grano fino que se desecó en horno a $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ hasta peso constante.

Trás enfriar la cápsula a temperatura ambiente en un desecador con gel de sílice deshidratado, se pesó y se añadieron aproximadamente 5gr de muestra triturada y 10ml de etanol, mezclándolo todo cuidadosamente con la arena. A continuación, la cápsula se mantuvo en una estufa a 103°C durante al menos 4h. Pasado este tiempo, se enfrió hasta temperatura ambiente en un desecador con gel de sílice deshidratado y finalmente se volvió a pesar. Las determinaciones se realizaron por duplicado.

III.2.3.2. Determinación de la actividad del agua

La determinación de la actividad del agua se midió en medidor de A_w modelo NOVASINA.

III.2.3.3. Determinación de la C.R.A.

La capacidad de retención de agua se midió por aplicación de una fuerza mecánica y evaluación de la cantidad de agua desprendida.

Se trituró la carne y se pesaron 5g sobre papel absorbente, se colocó otro papel absorbente en la parte superior y se presionó con un pistón durante 2 minutos en una superficie nivelada. Se recogió la carne sin el agua libre y se volvió a pesar.

III.2.3.4. Determinación del pH

En el matadero se midió el pH a los 45min y 24h post-mortem, con un electrodo de punción en el músculo semimembranoso. En el laboratorio se obtuvo el valor del pH de los músculos extraídos siguiendo las técnicas oficiales de análisis para carnes y productos carnicos (Presidencia de Gobierno, 1979).

III.2.3.5. Determinación de las sales del curado

III.2.3.5.1. Preparación del extracto etílico

A 5-10gr de muestra triturada se añadieron 150ml de etanol al 40%, calentando a continuación a ebullición en agitación continua durante 1h. Tras enfriar se lleva a un matraz de 250ml, se añaden 5ml de una solución acuosa de ferrocianuro potásico al 15% (reactivo de Carrez 1) y 5ml de una solución acuosa de acetato de zinc al 30% (reactivo de Carrez 2). Pasados 5min se lleva el volumen a 250ml, y se centrifuga seguidamente 5 min a 2000 rpm.

El sobrenadante se concentra calentando a temperatura de ebullición hasta reducir el volumen a 100ml para eliminar totalmente el etanol y finalmente se lleva el volumen a 200ml.

III.2.3.5.2. Determinación de Cloruros

Los cloruros se cuantificaron a partir de 10ml de extracto etílico por el método oficial de análisis de carne y productos cárnicos de Charpentier-Vohlard (Presidencia de Gobierno, 1979), consistente en la adición de un exceso de nitrato de plata 0,1N y en una posterior valoración del exceso resultante con sulfocianuro potásico, utilizando como indicador sulfato amónico-férrico. A partir de la diferencia entre el volumen de sulfocianuro gastado en el ensayo en blanco y en la muestra se obtiene la cantidad de cloruros presentes en esta última.

III.2.3.5.3. Determinación de nitratos

La determinación se hace midiendo la absorbancia a 410nm del color formado al reaccionar los nitratos con el complejo de brucina y ácido-sulfanílico en medio ácido (Presidencia de Gobierno, 1979), refiriendo las muestras a una recta patrón elaborada con cantidades conocidas de nitrato de potasio.

III.2.3.5.4. Determinación de nitritos

La determinación se hace midiendo la absorbancia a 520nm del color formado al reaccionar los nitritos contenidos en el extracto con α -naftilamina y ácido sulfanílico, con la recta patrón preparada con concentraciones conocidas de nitrito de sodio (Presidencia del Gobierno, 1979).

III.2.3.6. Determinación del Nitrógeno no Proteico (NNP)

III.2.3.6.1. Preparación del extracto

El extracto a partir del cual se determinó el nitrógeno no proteico se obtuvo según el método De Ketelaere (1974).

Para ello se tomaron 5g de muestra y se homogenizaron con 50ml de HClO_4 , 0,6N durante 3 min. Seguidamente se centrifugó el homogeneizado a 7000xg durante 10 min, recogiendo el sobrenadante y repitiendo la extracción del sedimento con 10ml de HClO_4 , 0,6N.

La muestra de los sobrenadantes se neutralizó con KOH al 30% y se enfrió en baño de hielo picado hasta una temperatura de aproximadamente 4°C. El precepitado resultante se eliminó por filtración en papel Whatman nº54.

III.2.3.6.2. Quantificación del nitrógeno no proteico (NNP)

Se utilizó el método descrito por Johnson (1941), según el cual se pipetea 0,2ml del extracto obtenido como se describe en el apartado anterior en un tubo de ensayo y se deseca a 100°C en una estufa durante 1h. Pasado este tiempo se añaden 0,2ml de ácido sulfúrico concentrado y se someten a digestión en baño de arena a 120°C hasta que el digerido queda totalmente transparente. Se añaden 4,8ml de agua destilada y 2ml del reactivo de Nessler (4g de KI, 4g de HgI₂, 1,75g de goma arábica y agua destilada hasta 1000ml) y 3ml de NaOH 4N.

Pasados 10 min, se mide la absorbancia a 490 nm. La concentración de nitrógeno de las muestras se obtiene refiriendo las lecturas colorimétricas a una curva patrón.

La curva patrón se elabora a partir de una disolución de sulfato amónico que contiene 0,1mg/ml de nitrógeno.

De esta disolución se tomaron los siguientes volúmenes: 0,05; 0,1; 0,2; 0,3 y 0,4 ml.

III.2.3.7. Determinación de Índice del Ácido Tiobarbitúrico (TBA).

Para la realización del TBA se obtuvo el extracto por destilación según el método descrito por Tarladgis y col., (1960) con algunas modificaciones. Se tomaron 10g de muestra y se añadieron 49ml de agua destilada y 1ml de sulfanilamida y se homogenizó durante 4 minutos. Seguidamente se adicionaron 48ml de agua destilada, 2ml de ácido clorhídrico diluido con agua a 1:2, antiespumante y bolas de vidrio y se destiló con corriente de vapor de agua, siendo recogidas 2x50ml de destilado. De este destilado se recoge 5ml y se hacen reaccionar con 5 ml de una disolución 0.02M de ácido tiobarbitúrico, manteniendo en ebullición 35 minutos,

se enfría a temperatura ambiente y se mide su absorbancia a 538nm. Los mg de malonaldehído se obtuvieron contrastando las absorbancias con las de curva patrón de 1,1,3,3,-tetraetoxipropano (TEP). Los resultados se expresaron como mg de malonaldehído por gramo de muestra.

III.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.

El tratamiento estadístico de los datos se realizó utilizando una análisis de varianza de variación única complementado con el test de Tukey.

IV. RESULTADOS

IV. RESULTADOS

IV.1. CONDICIONES AMBIENTALES

A lo largo del proceso de elaboración la temperatura y humedad relativa siguen una dinámica propia de cada uno de los dos lugares (Montánchez y Olivenza). En la Fig. IV.1 se representan la evolución de la temperatura y humedad relativa durante el procesado de los jamones.

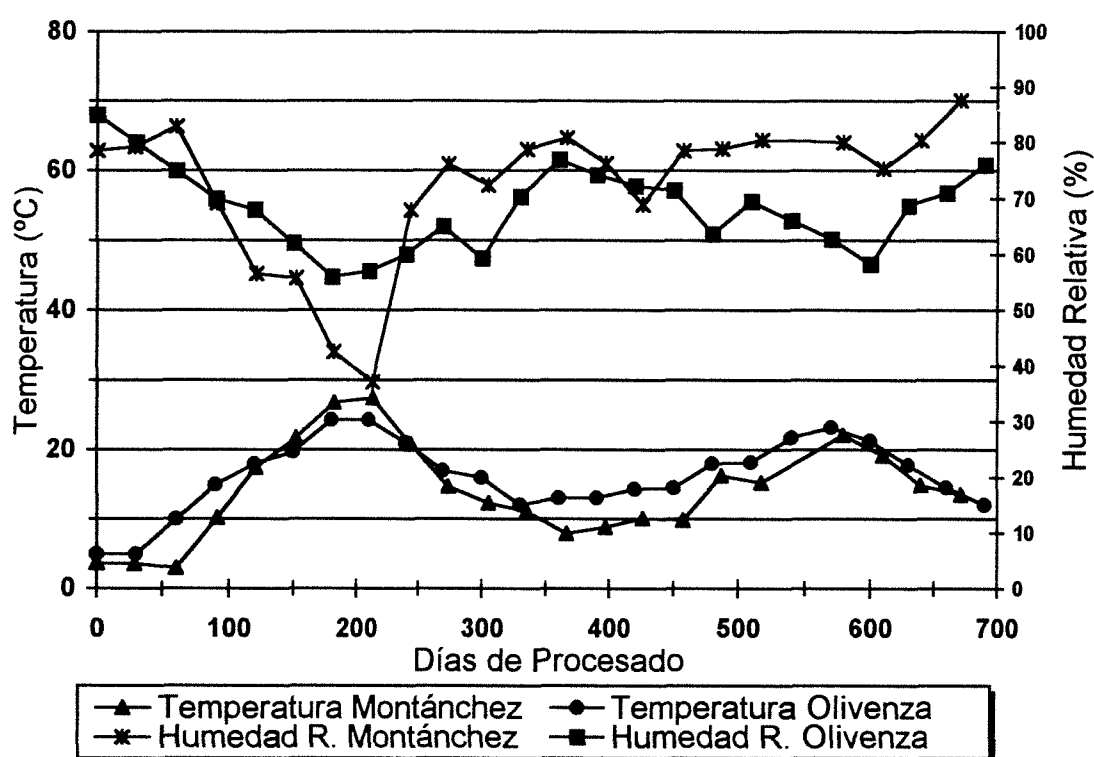


Fig. IV.1- Evolución de la temperatura (°C) y humedad relativa (%) en Montánchez y Olivenza durante el proceso de elaboración.

En la primera etapa, salado, en los dos lugares permanecieron a temperatura inferior a 5°C. En el postsalado la temperatura se mantuvo todo el tiempo a 4°C en Montánchez y en Olivenza la temperatura de refrigeración se mantiene hasta la mitad de la etapa y después va aumentando regularmente hasta alcanzar 14°C al

final del postsalado. En la etapa siguiente, secadero, los jamones alcanzan las temperaturas mas altas de todo el proceso, que va desde 10°C hasta 27°C en Montánchez, y de 17° a los 25°C en Olivenza, este periodo transcurre en el Verano, y estas temperaturas tienen a ver con las condiciones ambientales de cada lugar.

La última es la fase de bodega en que la temperatura alcanzada en Montánchez se sitúa entre 8 y 22°C y en Olivenza entre 11 y 23°C, en esta etapa los jamones procesados en Olivenza son sometidos a una temperatura mas alta.

La humedad relativa sigue una evolución inversa a la de la temperatura, en las primeras etapas la humedad es superior (80%) para ir descendiendo hasta llegar a los valores mínimos en el secadero, en los meses de Verano, al rededor de 37% en Montánchez y del 56% en Olivenza.

En bodega, la humedad de 68 y 80% en Montánchez es un poco mas elevada que en Olivenza en que se sitúa entre 60 y 75%.

IV.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA

IV.2.1. Evolución de la humedad

La variación de humedad a lo largo de la maduración en el músculo semimembranoso de la raza en estudio se expone en la tabla IV.1. En la figura IV.2. se representa la evolución seguida por lo contenido acuoso de este músculo.

Durante la maduración se produjo un descenso considerable del contenido acuoso, que llega a representar un descenso de 38%.

Los mayores descensos se observaron en las etapas de post-salado y secado, en ambos casos significativos con respecto a los valores iniciales.

Resultados

Tabla IV-1 - Evolución del contenido acuoso del músculo semimembranoso de jamón Ibérico, expresado en porcentaje de muestra, procesado en Montánchez.

ETAPAS	DÍAS	SEMIMEMBRANOSO
F	0	73,43 ($\pm 0,92$)
S	-	-
PS	76	57,80 ($\pm 1,50$)
SE	197	43,95 ($\pm 1,59$)
B1	314	37,51 ($\pm 1,18$)
B2	456	35,82 ($\pm 1,75$)
PF	665	35,40 ($\pm 5,61$)

Símbolos: F - Fresco S - Salazonado
 PS - Post-salado SE - Secadero
 B1 - Bodega 1 B2 - Bodega 2
 PF - Producto final

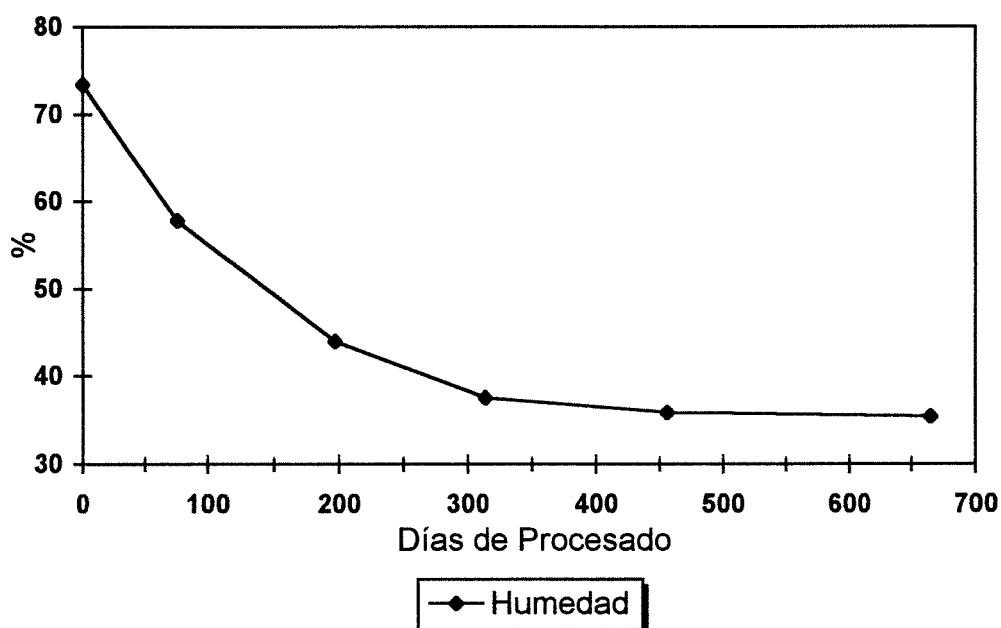


Fig. IV.2- Evolución del contenido acuoso durante la maduración en el músculo semimembranoso de jamón Ibérico, procesado en Montánchez

IV.2.2. Evolución de la actividad del agua

En la tabla IV.2 se expresan los valores de actividad del agua (A_w) a lo largo de la maduración del músculo semimembranoso procesado en Montánchez. Durante el proceso de elaboración se produce un importante descenso de los valores de A_w en el músculo semimembranoso en la etapa de salazonado.

Tabla IV-2 - Valores de A_w del músculo semimembranoso de jamón Ibérico, procesado en Montánchez.

ETAPAS	DÍAS	SEMIMEMBRANOSO
F	0	0,988 (± 0)
S	-	-
PS	76	0,963 ($\pm 0,010$)
SE	197	-
B1	314	0,88 ($\pm 0,005$)
B2	456	-
PF	665	0,75 ($\pm 0,001$)

Símbolos: F - Fresco S - Salazonado
 PS - Post-salado SE - Secadero
 B1 - Bodega 1 B2 - Bodega 2
 PF - Producto final

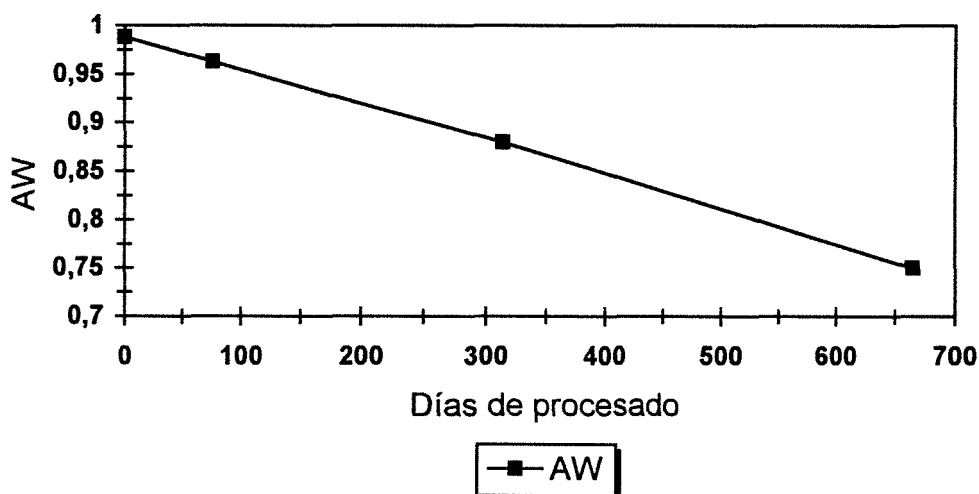


Fig. IV.3- Evolución de la A_w durante el proceso de elaboración de jamón en el músculo semimembranoso, procesado en Montánchez.

IV.2.3. Evolución de la capacidad de retención de agua

Tabla IV-3 - Evolución de la capacidad de retención de agua en lo músculo semimembranoso, procesado en Montánchez.

ETAPAS	DÍAS	SEMIMEMBRANOSO
F	0	0,68 ($\pm 0,085$)
S	-	-
PS	76	0,35 ($\pm 0,010$)
SE	197	0,27 ($\pm 0,066$)
B1	314	0,14 ($\pm 0,022$)
B2	456	0,08 ($\pm 0,010$)
PF	665	0,15 ($\pm 0,063$)

Símbolos: F - Fresco S - Salazonado
 PS - Post-salado SE - Secadero
 B1 - Bodega 1 B2 - Bodega 2
 PF - Producto final

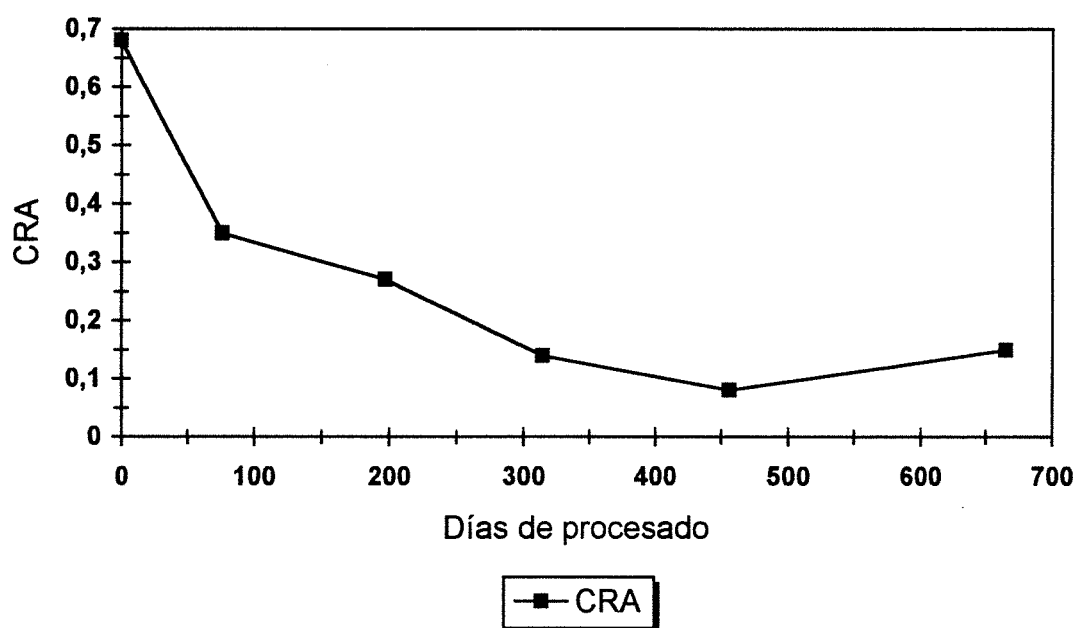


Fig. IV.4- Evolución de la capacidad de retención de agua a lo largo de la maduración en el músculo semimembranoso de jamón Ibérico, procesado en Montánchez.

IV.2.4. Evolución del pH

En la figura IV.5 hemos representado la curva de caída del pH en el músculo semimembranoso procesado en Montánchez, que tiene un ligero aumento en la etapa de post-salado y un leve descenso en el secadero, el cual se acentúa en la etapa de bodega.

Tabla IV-4 - Valores de pH encontrados para el músculo semimembranoso de jamón Ibérico, procesado en Montánchez.

ETAPAS	DÍAS	SEMIMEMBRANOSO
F	0	5,62 ($\pm 0,074$)
S	-	-
PS	76	5,85 ($\pm 0,013$)
SE	197	5,92 ($\pm 0,215$)
B1	314	5,82 ($\pm 0,029$)
B2	456	5,92 ($\pm 0,026$)
PF	665	5,99 ($\pm 0,032$)

Símbolos: F - Fresco S - Salazonado
 PS - Post-salado SE - Secadero
 B1 - Bodega 1 B2 - Bodega 2
 PF - Producto final

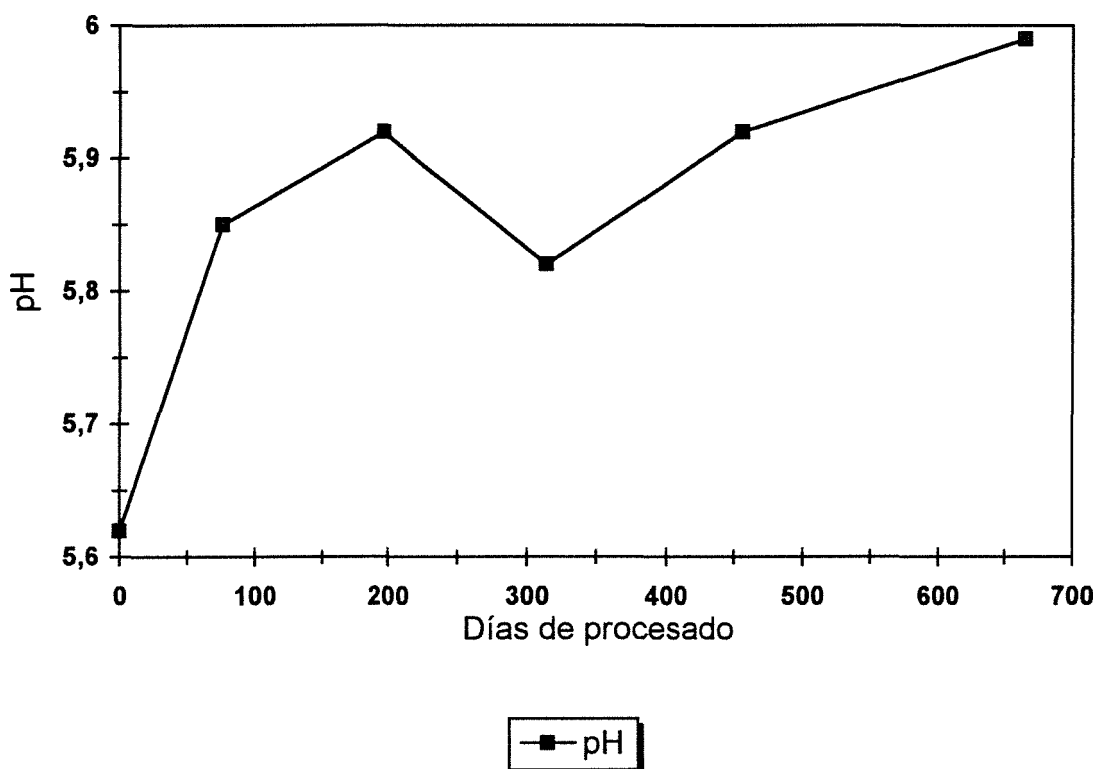


Fig. IV.5 - Evolución de la variación de pH a lo largo de la maduración en el músculo semimembranoso de jamón Ibérico, procesado en Montánchez.

IV.2.5. Evolución de las sales de curado

IV.2.5.1. Evolución del contenido de Cloruro sódico

La tabla IV.5 expone el contenido en cloruro sódico de las muestras expresado como porcentaje de cloruro sódico por gramo de materia seca.

El músculo más superficial, el semimembranoso tiene una cantidad de NaCl maxima en el salazonado y post-salado alcanzando en estas etapas valores muy elevados (6,11) posteriormente en secadero disminuyen y en bodega este contenido, se mantiene.

Resultados

Tabla IV-5 - Valores de contenido de cloruro sódico en el músculo semimembranoso Ibérico expresado como porcentaje de NaCl por un gramo de materia seca, procesado en Montánchez.

ETAPAS	DÍAS	SEMIMEMBRANOSO
F	0	0 (± 0)
S	-	-
PS	76	6,11 ($\pm 0,381$)
SE	197	4,65 ($\pm 0,338$)
B1	314	4,06 ($\pm 0,269$)
B2	456	4,51 ($\pm 0,332$)
PF	665	4,97 ($\pm 0,787$)

Símbolos: F - Fresco S - Salazonado
 PS - Post-salado SE - Secadero
 B1 - Bodega 1 B2 - Bodega 2
 PF - Producto final

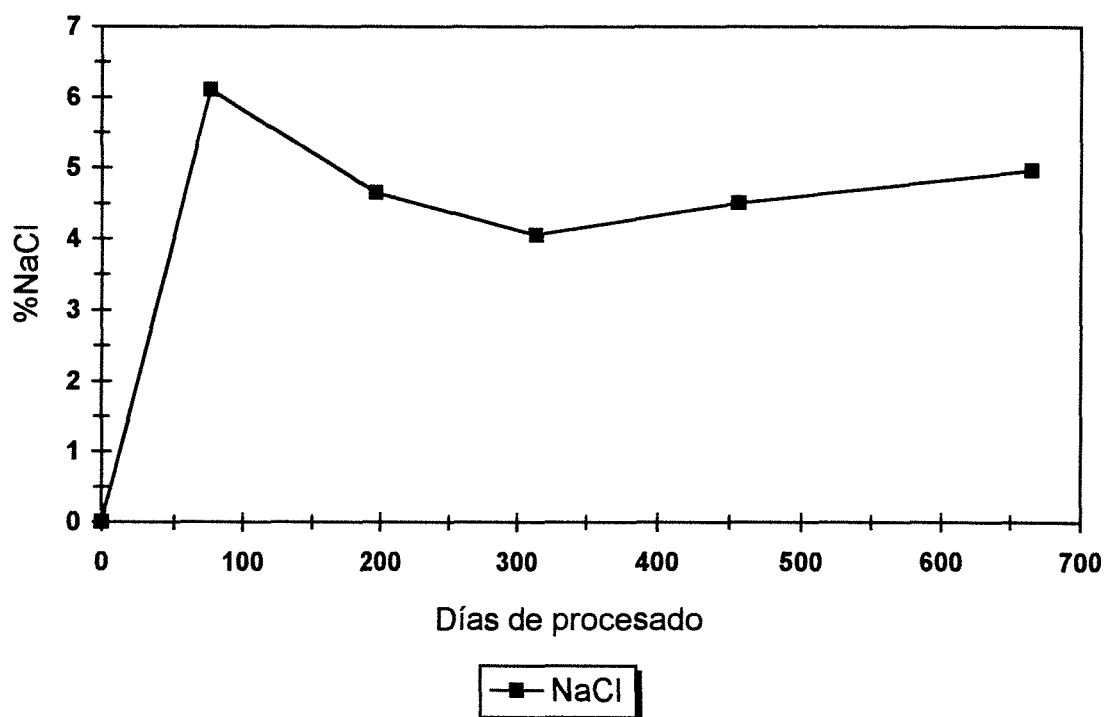


Fig. IV.6 - Evolución del contenido de cloruro sódico en el músculo semimembranoso de jamón Ibérico, procesado en Montánchez.

IV.2.5.2. Evolución de los nitratos

Tabla IV-6 - Contenido en nitrato expresado en ppm de materia seca de los músculos semimembranosos de los jamones procesados en Montánchez en las diferentes etapas de elaboración.

ETAPAS	DÍAS	SEMIMEMBRANOSO
F	0	0,00 ($\pm 0,000$)
S	-	-
PS	76	38,56 ($\pm 5,440$)
SE	197	71,07 ($\pm 7,377$)
B1	314	56,79 ($\pm 12,757$)
B2	456	69,60 ($\pm 7,767$)
PF	665	81,09 ($\pm 27,901$)

Símbolos: F - Fresco S - Salazonado
 PS - Post-salado SE - Secadero
 B1 - Bodega 1 B2 - Bodega 2
 PF - Producto final

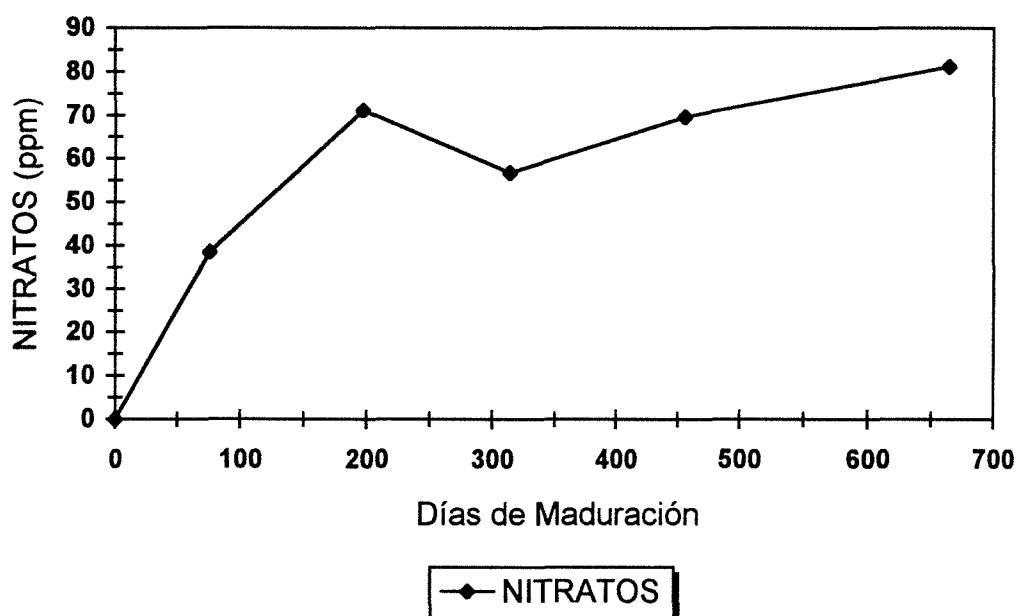


Fig. IV.7 - Evolución del contenido en nitratos del músculo semimembranoso de jamón Ibérico procesado en Montánchez expresado en ppm de materia seca.

IV.2.5.3. Evolución de los nitritos

Tabla IV-7 - Contenido en nitritos expresado en ppm de materia seca del músculo semimembranoso de los jamones Ibéricos procesados en Montánchez en las diferentes etapas de elaboración.

ETAPAS	DÍAS	SEMIMEMBRANOSO
F	0	0,00 ($\pm 0,000$)
S	-	-
PS	76	0,16 ($\pm 0,030$)
SE	197	0,18 ($\pm 0,043$)
B1	314	0,18 ($\pm 0,037$)
B2	456	0,17 ($\pm 0,031$)
PF	665	0,15 ($\pm 0,036$)

Símbolos: F - Fresco S - Salazonado
 PS - Post-salado SE - Secadero
 B1 - Bodega 1 B2 - Bodega 2
 PF - Producto final

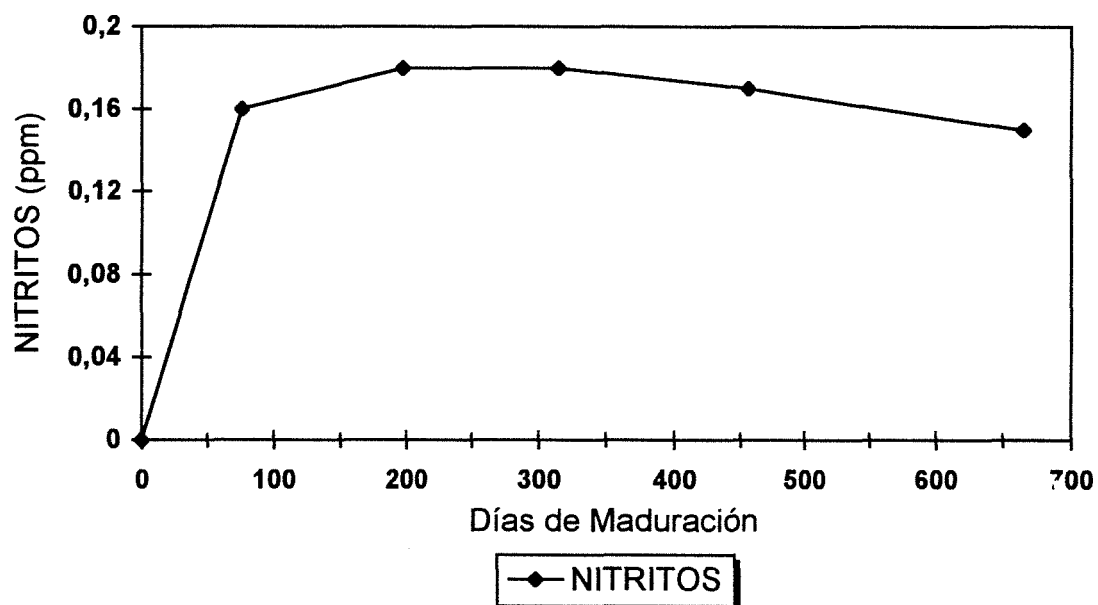


Fig. IV.8 - Evolución del contenido en nitritos en el músculo semimembranoso de jamón Ibérico procesado en Montánchez expresado en ppm de materia seca.

IV.2.6. Evolución del Nitrógeno no Proteico

Tabla IV-8 - Contenido en nitrógeno no proteico (NNP) expresado en mg de N/g de materia seca del músculo semimembranoso de jamón Ibérico procesado en Montánchez en las diferentes etapas.

ETAPAS	DÍAS	SEMIMEMBRANOSO
F	0	3,91 (\pm 1,337)
S	-	-
PS	76	8,43 (\pm 1,052)
SE	197	20,63 (\pm 1,278)
B1	314	19,71 (\pm 1,642)
B2	456	30,07 (\pm 1,95)
PF	665	24,47 (\pm 3,531)

Símbolos: F - Fresco S - Salazonado
 PS - Post-salado SE - Secadero
 B1 - Bodega 1 B2 - Bodega 2
 PF - Producto final

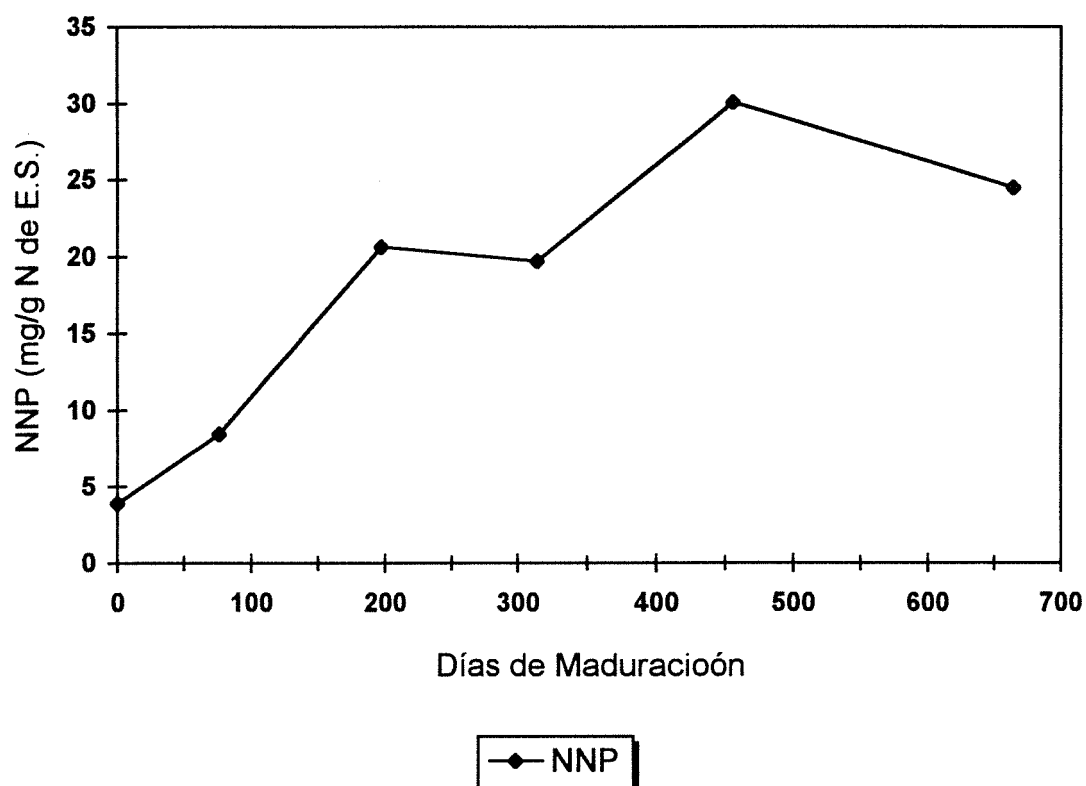


Fig. IV.9- Evolución del contenido en nitrógeno no proteico del músculo semimembranoso de jamón Ibérico procesado en Montánchez expresados como mg de N/gr de materia seca.

IV.2.7. Evolución del Índice de TBA

En la tabla IV.9 se expresan los valores de malonaldehído (TBA) a lo largo de la maduración de los músculos semimembranosos y ,biceps femoral de jamón Ibérico procesado en Montánchez.

Resultados

Tabla IV-9 - Valores de TBA durante la maduración de jamón Ibérico en los músculos semimembranosos y biceps femoral expresado en μg de malonaldehído por gramo de muestra, procesados en Montánchez.

ETAPAS	DÍAS	SEMIMEMBRANOSO	BICEPS
F	0	$0,2634 \times 10^{-4} (\pm 0,28 \times 10^{-4})$	$1,30925 \times 10^{-4} (\pm 0,73 \times 10^{-4})$
S	-	-	-
PS	76	$4,5805 \times 10^{-4} (\pm 2,85 \times 10^{-4})$	$2,2146 \times 10^{-4} (\pm 0,36 \times 10^{-4})$
SE	197	$5,9523 \times 10^{-4} (\pm 1,1 \times 10^{-4})$	$1,90242 \times 10^{-4} (\pm 0,87 \times 10^{-4})$
B1	314	$3,4975 \times 10^{-4} (\pm 1,44 \times 10^{-4})$	$2,7391 \times 10^{-4} (\pm 4,9 \times 10^{-4})$
B2	456	$5,5336 \times 10^{-4} (\pm 0,85 \times 10^{-4})$	$4,0708 \times 10^{-4} (\pm 1,99 \times 10^{-4})$
PF	665	$1,5085 \times 10^{-4} (\pm 1,02 \times 10^{-4})$	$2,00183 \times 10^{-4} (\pm 1,2 \times 10^{-4})$

Símbolos: F - Fresco S - Salazonado
 PS - Post-salado SE - Secadero
 B1 - Bodega 1 B2 - Bodega 2
 PF - Producto final

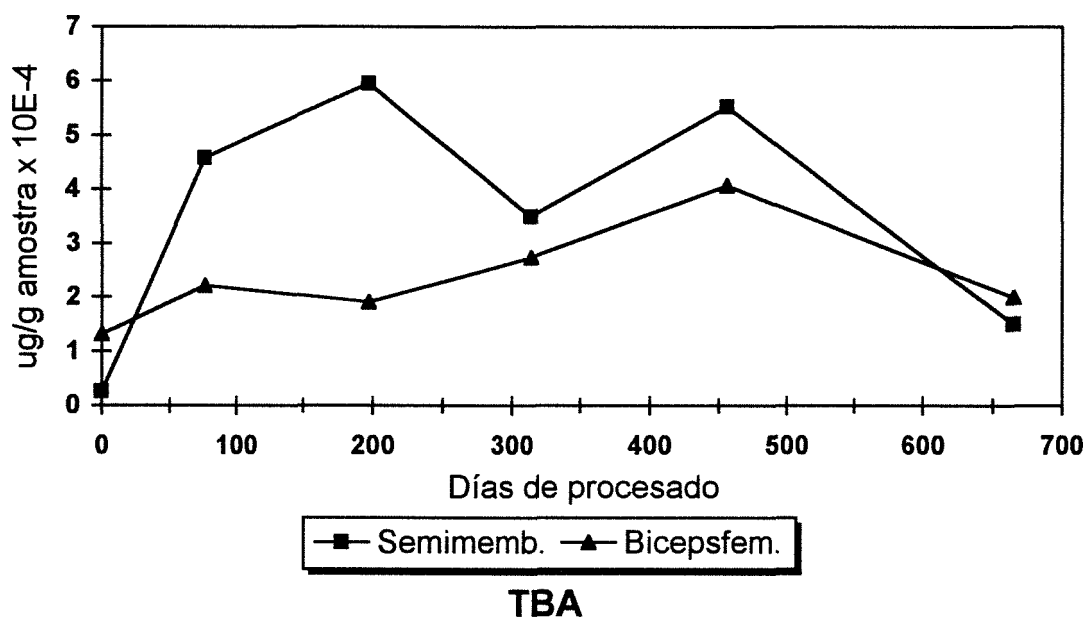


Fig. IV.10- Evolución del malonaldehído (TBA) durante el proceso de maduración en los músculos semimembranosos y biceps femoral de jamón Ibérico procesado en Montánchez.

Resultados

Tabla IV-10 - Valores de TBA durante la maduración de jamón Ibérico en los músculos semimembranosos y biceps femoral expresado en μg de malonaldehído por gramo de muestra, procesados en Olivenza.

ETAPAS	DÍAS	SEMIMEMBRANOSO	BICEPS
F	0	$0,2634 \times 10^{-4} (\pm 0,28 \times 10^{-4})$	$1,30925 \times 10^{-4} (\pm 0,73 \times 10^{-4})$
S	-	-	-
PS	76	$3,58862 \times 10^{-4} (\pm 2,36 \times 10^{-4})$	$1,41593 \times 10^{-4} (\pm 0,48 \times 10^{-4})$
SE	197	$2,96209 \times 10^{-4} (\pm 1,2 \times 10^{-4})$	$0,8491 \times 10^{-4} (\pm 0,72 \times 10^{-4})$
B1	-	-	-
B2	-	-	-
PF	665	$2,23579 \times 10^{-4} (\pm 1,45 \times 10^{-4})$	$0,7016 \times 10^{-4} (\pm 0,499 \times 10^{-4})$

Símbolos: F - Fresco S - Salazonado
 PS - Post-salado SE - Secadero
 B1 - Bodega 1 B2 - Bodega 2
 PF - Producto final

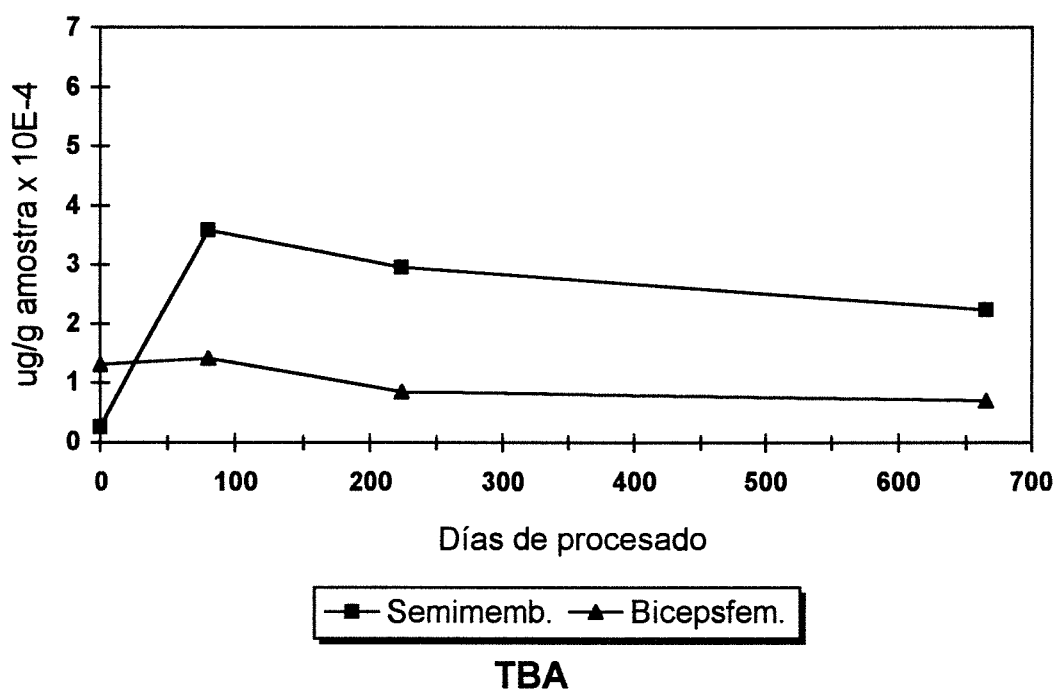


Fig. IV.11- Evolución del malonaldehído (TBA) durante el proceso de maduración en los músculos semimembranosos y biceps femoral de jamón Ibérico procesado en Olivenza.

V. DISCUSIÓN

V. DISCUSIÓN

El proceso de elaboración del jamón produce cambios proteolíticos, lipolíticos y oxidativos durante la maduración del jamón con la consiguiente formación de compuestos que influyen en la calidad sensorial como se ha señalado en el presente trabajo. La evaluación de las modificaciones de estos compuestos en las distintas fases se hace con métodos sofisticados de análisis que requieren infraestructuras laboratoriales como la cromatografía gasosa, analizadores de espacio de cabeza, cromatografía líquida de alta eficacia y electroforesis, etc.

Sin embargo hay una serie de determinaciones básicas y sencillas que no requieren una instrumentación sofisticada y que dan una información de gran utilidad para hacerse una primera idea de los cambios que acontecen durante la maduración del jamón como por ejemplo el NNP y el TBA.

Efectivamente se hace necesario conocer los cambios de las proteínas e identificarlos y cuantificarlos mediante técnicas como la electroforesis en gel de poliacrilamida de las proteínas solubles con tampón fosfato y urea ó la electroforesis capilar. Según Córdoba (1990) se observa en la electroforesis la disminución de la intensidad de ciertas bandas que se piensa puede deberse a fenómenos proteolíticos y también la aparición de bandas de menor peso molecular que pueden ser compuestos proteicos resultantes de la hidrólisis y desnaturalización de las proteínas. Todo esto indica como se señala en este trabajo y de acuerdo con Córdoba (1990), que el NNP experimenta un incremento considerable durante el procesado del jamón.

Además de los estudios de las proteínas, también es muy importante la evolución del nitrógeno peptídico y aminoacídico y de las aminas durante la maduración. Durante el procesado se observa un incremento del NNP que se pone de manifiesto con las determinaciones por cromatografía líquida (HPLC), una técnica sofisticada, muy esclarecedora del contenido cualitativo y cuantitativo de aminoácidos libres y aminas (Córdoba, 1990).

Del mismo modo el análisis de la fracción lipídica se ha realizado por técnicas específicas, como son la evolución de los ácidos grasos libres a lo largo de la maduración, que se puede estudiar por cromatografía de gases. Antequera (1990) ha estudiado la evolución de los triglicéridos y los ha identificado por cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC) usando un detector de diode array, y también la evolución de una serie de aldehídos saturados e insaturados que provienen de la oxidación de los ácidos grasos insaturados. Estos aldehídos son transformados en DNPhidridazonas y se analizarán por HPLC por detección a 360 nm.

Además Antequera (1990) profundizó este estudio con los compuestos degradativos de la fracción lipídica, atendiendo a los volátiles de las muestras correspondientes al producto final de los jamones de Ibéricos, mediante un arrastre de los compuestos volátiles en un sistema a vacío, recogiendo estos en recipientes sumergidos en nitrógeno líquido. La determinación e identificación se realizó en cromatógrafo de gases acoplado a un espectrofotómetro de masas.

Ruiz (1996) ha realizado análisis de compuestos volátiles por espacio cabeza dinámico, fijando condiciones para extraer el mayor número de compuestos volátiles posibles consiguiendo la identificación de 97 compuestos. También García y col., (1990), López y col., (1992) identificaron algunos de estos compuestos como los hidrocarburos alifáticos y aromáticos, aldehídos y furanos.

Ruiz (1996) ha realizado también un análisis sensorial para confrontar los factores de variación de estos compuestos con la respuesta de los catadores.

Todos ellos son métodos que requieren equipos complejos tanto por su instalación y mantenimiento como por las técnicas necesarias para manipular las muestras. Sin embargo existen otros métodos menos sofisticados que permiten obtener una información si no tan precisa como los anteriores si suficiente en determinados momentos para tener una orientación acerca de la dinámica de los procesos lipolíticos y oxidativos.

Una de estas técnicas que pueden resultar útiles es el índice de TBA, que puede ser una medida de la lipólisis y que nos indica la extensión de la formación del malonaldehído uno de los productos finales de la oxidación que ocurre a lo largo del proceso de elaboración.

En nuestro trabajo nos hemos centrado en la determinación tanto del NNP como del índice de TBA como representantes de técnicas relativamente simples relacionadas con la degradación de proteínas y de lípidos.

El NNP es una medida de la proteólisis que nos indica la evolución de los compuestos nitrogenados no proteicos al largo de la maduración, como el de nitrógeno peptídico, aminoacídico, básico volátil y de las aminas.

Durante la maduración ocurren fenómenos de desnaturalización y de hidrólisis de los compuestos nitrogenados, desencadenados por los cambios de la actividad de agua, pH, presencia de sal y todo el proceso de elaboración.

El incremento que sufre el NNP a lo largo del procesado, como hemos visto en la Tabla IV-8 y Fig. IV.9, alcanza un máximo en la bodega y sufre un descenso continuado en la última fase de bodega 2 hasta el producto final.

Al observar los valores de NNP en las diferentes etapas de elaboración se verifica que el incremento producido no es constante sino que varía en cada etapa del procesado, lo que requiere una discusión más atenta en cada etapa.

En el salazonado no se ha determinado el NNP en este trabajo, pero por comparación con los estudios de Córdoba (1990) se ha verificado un aumento significativo en los músculos estudiados. El aumento del NNP en esta fase es debido principalmente al incremento del nitrógeno peptídico y, aunque no significativo, también se observa un aumento de nitrógeno aminoacídico y nitrógeno básico volátil.

En la fase de post-salado el incremento de NNP continúa siendo también observado por Córdoba (1990), que en sus estudios ha verificado que como continuación de la etapa anterior, el aumento es debido al nitrógeno peptídico pero se detecta en esta fase un incremento significativo del nitrógeno aminoacídico. Esta fase es larga y al inicio se procesa a temperatura baja (alrededor de 8°C) y al fin de post-salado hay una elevación de la temperatura hasta 20°C, debido al tiempo de los meses mas cálidos.

En la etapa de secadero hay un incremento significativo del NNP, Córdoba (1990), también ha constatado este incremento en esta etapa y en sus estudios se achaca al nitrógeno aminoacídico y al nitrógeno básico volátil que en esta etapa sufren un gran incremento, en cuanto el peptídico se observa solamente un ligero incremento.

En la etapa de bodega, desde el inicio hasta hasta la mitad se observa una ligera caída del NNP y en bodega 2 tiene lugar un incremento significativo. En el producto final se verifica una disminución del NNP. Según Martín (1996) se debe a la disminución del nitrógeno aminoacídico, y en sus estudios en Olivenza ha llegado a valores similares, observando valores más elevados lo que parece estar relacionado con la permanencia de los jamones más tiempo en post-salado y bodega y a temperaturas más elevadas.

La evolución encontrada en jamón Ibérico por De Prado (1988), Córdoba (1990) y Martín (1996) y en jamón de Parma por Virgili y col., (1995) son similares a los encontrados en este trabajo y inferiores para jamón de cerdo blanco (Astiasaran y col., 1988).

Este incremento continuo y progresivo del NNP durante la maduración, más pronunciado en la etapa de secadero, debido a que en esta etapa las temperaturas son más elevadas, puede ser según Flores y col., (1984), Córdoba y col., (1994 a), Virgili y col., (1995), fundamentalmente debido a un proceso enzimático al que están ligadas tanto los enzimas tisulares como microbianos. La actividad de los enzimas esta condicionada durante todo el procesado por la existencia de

interacciones enzima - proteína, o por la presencia de inhibidores (Maggi y col., 1973; Melo y col., 1974) o por condiciones adversas de temperatura y Aw.

Según Martín la fracción de NNP mas abundante durante el procesado es el nitrógeno aminoacídico que sigue un incremento paralelo al NNP, durante la maduración. Por lo tanto se puede creer que en las primeras etapas de la proteolisis resulta que tanto péptidos como aminoácidos libres, debido al equilibrio entre la formación de fragmentos de alto peso molecular y las reacciones hidrolíticas que dan lugar a aminoácidos libres, Martín (1996), de Prado (1988), y Córdoba (1990) han llegado a resultados similares, aunque con tomas de muestras distintas en el tiempo. Estos resultados concuerdan con los de este trabajo en el que observamos que el NNP sufre un aumento en la etapa de secadero que puede ser relacionado también con el aumento del nitrógeno aminoacídico. También se observa una coincidencia de todos estos autores al concluir que es el incremento de temperatura y la desecación progresiva lo que favorece más la hidrólisis de péptidos hasta aminoácidos libres que la generación de los propios péptidos.

En bodega la cantidad de nitrógeno peptídico no sufre variaciones importantes, posiblemente por darse reacciones químicas que dan origen a compuestos como aminoácidos, Martín (1996) ha encontrado valores un poco mas elevados que Córdoba (1990) y lo atribuye a un mayor tiempo de maduración. Posiblemente la caída de NNP en el producto final observado en nuestro trabajo es debida a la existencia de reacciones secundarias entre aminoácidos y compuestos carbonilos derivados de la autooxidación de las grasas, se trata de reacciones de condensación de Maillard que son favorecidas por la baja actividad del agua y el pH próximo a la neutralidad, además de la larga estancia en bodega a temperaturas de 15-25°C, reacciones descritas por Ventanas y col., (1992) en jamón Ibérico y también en jamón curado francés (Berdagué y col., 1993; Buscailhon y col., 1983).

Los estudios de muchos autores sobre la proteolisis conducen siempre a que la temperatura, humedad relativa y el tiempo de maduración del producto, influyen

directamente en el secado final y en la cinética que origina la formación de productos de bajo peso molecular volátiles y no volátiles que por lo tanto justifican el "flavor" de estos jamones Ibéricos procesados en zonas de específicas de elaboración como las de Denominación de Origen, con sus características microclimáticas, que originan productos de alta calidad como en Guijuelo, Extremadura y Huelva.

El índice de TBA pretende ser un índice de medida de la oxidación, sin embargo, como ya fue mencionado en este trabajo, algunos autores señalan que no es un método específico para cuantificar la posible rancidez del producto (Sato y col., 1973). Pero Igene y col., 1985; Poste y col., 1986; Lai y col., 1995, establecieron una relación directa entre el índice de TBA y la percepción de la rancidez sensorial en diversos alimentos como carne fresca y mantequilla.

En este trabajo no se han podido evaluar los valores de TBA en la fase de salado por falta de muestras, pero se ha observado un incremento del TBA en la fase de post-salado, más significativo en el músculo semimembranoso que en el biceps femoral, en ambos lugares de procesado, Olivenza y Montánchez.

En la fase de secadero se observó un descenso del índice de TBA en los dos músculos estudiados en los jamones de Olivenza, sin embargo en el músculo semimembranoso de los jamones procesados en Montánchez se observa un incremento.

En la primera mitad de bodega tiene lugar una disminución del índice de TBA en ambos músculos en Olivenza y en el músculo semimembranoso en Montánchez y hay un ligero aumento de este índice en el biceps femoral de los jamones procesados en Montánchez. A pesar de las observaciones realizadas no se puede discutir la dinámica seguida por la oxidación en esta fase en Olivenza debido a que no se han efectuado análisis a los 224 días. Al contrario en Montánchez se puede observar un incremento del TBA en los dos músculos en la fase de bodega hasta los 420 días, mientras que de los 420 a los 600 días de procesado se produce una

disminución del TBA en los dos músculos y en los dos lugares de procesado, Olivenza y Montánchez, concordando con los resultados de Ruiz (1996) que ha observado un paralelismo del índice de TBA con los resultados de los aldehídos volátiles, produciéndose la disminución de los aldehídos insaturados en esta fase.

El índice de peróxidos es otro de los índices que dan una información sobre la evolución de la oxidación. Martín (1996) ha estudiado este índice y ha observado un fuerte incremento del índice de peróxidos en las fases de salado y postsalado en el músculo semimembranoso de jamones procesados en Olivenza y Montánchez, siendo ligeramente superior en los semimembranosos procesados en Olivenza. En la etapa de secadero continúa el aumento del índice de peróxidos en ambos músculos pero mas evidente en Montánchez como era de esperar por las temperaturas mas altas en este lugar. Sin embargo, curiosamente, es en esta fase donde se ha registrado un mayor índice de peróxidos en los músculos profundos biceps femoral.

En la fase de bodega se observa una fuerte disminución del índice de peróxidos llegando a valores próximos a los del producto fresco para los músculos estudiados. Esta disminución se pone de manifiesto en otros estudios de parámetros de oxidación como el índice de peróxidos tanto en jamón de cerdo blanco (Flores y col., 1985) como en jamón de cerdo Ibérico (Huertas, 1990; Antequera y col., 1992; Martín, 1996). Algunas de las causas de esta disminución ya han sido mencionadas en la Introducción de este trabajo.

Al final de la etapa de bodega en el producto final el índice de peróxidos es similar en ambos lugares de procesado. Al observar nuestros resultados de índice de TBA con el índice de peróxidos estudiado por Martín (1996) encontramos evoluciones muy similares en las fases de salado y postsalado, mientras que en la fase de secadero existen algunas diferencias. En Montánchez se observaron los valores mas elevados del índice de peróxidos y aunque en la fase de bodega no se han podido comparar resultados, si se comparan los valores en producto final se observa de nuevo mucha similitud.

Al contrario de lo encontrado por Ruiz (1996) en nuestro estudio se observaron diferencias en el índice de TBA influenciadas por la profundidad, manifestándose una nítida diferencia en ambos lugares de procesado entre los valores obtenidos en el músculo superficial (semimembranoso) y el profundo (biceps femoral). En este último este índice se mantiene siempre con valores mas bajos, probablemente debido a que la presión de oxígeno se hace sentir tan fuerte en el interior del músculo y la temperatura no alcanza valores tan altos en estos músculos más profundos, por su revestimiento de grasa protectora. Esta observación concuerda con otros índices de oxidación ligeramente superiores encontrados por Antequera y col., (1992) y Díaz (1993) en los músculos semimembranosos con respecto a los biceps femoral.

La influencia de la temperatura en la etapa de secado se traduce en los valores mas elevados del índice de TBA para ambos los músculos en Montánchez, donde en esta fase se registran los mayores valores de temperatura .

Por todo lo expuesto se considera que las reacciones de degradación de los compuestos lipídicos, para dar posteriormente peróxidos, aldehidos y otros compuestos propios de la oxidación se ven influenciados por la temperatura, humedad relativa, localización de los músculos y probablemente por las sales de curado y sustancias con función antioxidante utilizadas. Esta degradación puede ser seguida mediante la medida del índice de TBA aunque esta puede presentar ciertas dificultades.

El TBA es una técnica sensible que requiere atentos cuidados, en la temperatura de las lecturas espectrofotométricas (Marcuse y col., 1973), el pH (Chen y col., 1981) y la longitud de onda, factores todos ellos que pueden interferir en la cantidad detectada del compuesto coloreado (Marcuse y col., 1973).

La técnica de Tarladgis y col., (1960), destila el malonaldehido que va reaccionar con el ácido 2-tiobarbitúrico como se ha referenciado en este trabajo. El compuesto formado por esta reacción, absorbe a 532 nm, su estructura ha sido determinada

por Nair y Turner (1984), estos autores concluyen que hay dos estructuras espectrales tautoméricas equivalentes en equilibrio. En las carnes curadas con sales nitrificantes como en nuestras muestras Zipses y Watts (1962) adicionan sulfanilamida antes de la destilación, para inhibir la reacción del nitrito residual con el malonaldehído.

Shahidi y col., (1985) demostraron que a falta de nitrito residual, la adición de sulfanilamida origina reacciones indeseables con el malonaldehído, sin embargo esta determinación es un indicativo de la extensión de la rancidez cuando su metodología es la misma para todas las muestras.

Marcuse y col., (1973) señalan en sus trabajos que el TBA determinado a 450 nm o a 530 nm tiene valores distintos. La absorbancia a una longitud de onda de 450 nm a distintas temperaturas, 50°C, 70°C y 95°C presenta valores muy distintos, pero si se utiliza una longitud de onda de 530 nm los valores a distintas temperaturas son similares.

Mabel y col., (1987) en sus estudios trabajaron a 532 nm y demostraron que es probablemente la longitud de onda con mejores resultados de trabajo cuando se utiliza el método de destilación de Tarladgis.

También el pH afecta los valores de TBA. Chen y col., (1981) han estudiado en aves del campo que la disminución del pH en las muestras incrementa los valores de TBA.

VI. CONCLUSIONES

VI. CONCLUSIONES

1 - La dinámica de los procesos degradativos de compuestos nitrogenados y lípidos esta claramente influenciada por las condiciones de maduración y por lo tanto es distinta según el lugar de procesado.

2 - La determinación del nitrógeno no proteico por si solo no es suficiente para conocer la evolución de la proteolisis y es necesario completar esta información con otros análisis como nitrógeno peptídico, nitrógeno aminoacídico y el nitrógeno básico volátil.

3 - La determinación del índice del TBA resulta útil para hacer una evaluación de la oxidación siempre y cuando se cuiden y estandaricen al máximo las condiciones de análisis.

4 - Dada la inestabilidad de los productos resultantes de la oxidación sería recomendable para el seguimiento de los procesos de larga duración una toma de muestras mas regular en el tiempo, sobre todo en aquellas etapas que transcurren en condiciones óptimas para estas reacciones.

BIBLIOGRAFIA

- ANTEQUERA, T. (1990). Evolución del componente lipídico durante la maduración del jamón de cerdo Ibérico. *Tesis Doctoral*. Universidad de Extremadura.
- ANTEQUERA, T.; LOPEZ-BOTE, C.; CORDOBA, J.J.; GARCIA, C.; ASENSIO, M.A.; VENTANAS, J.; GARCIA-REGUEIRO, J.A. y DIAZ, I. (1992). Lipid oxidative changes in the processing of Iberian pig hams. *Food Chem.* **45**, 105-110.
- ANTEQUERA, T.; CORDOBA, J.J.; RUIZ, J.; MARTIN, L.; BERMUDEZ, M.E. y VENTANAS, J. (1993). Liberación de ácidos grasos durante la maduración del jamón Ibérico. *Rev. Esp. Cienc. Tecnol. Aliment.* **33**, 197-208.
- ANTEQUERA, T.; CORDOBA, J.J.; RUIZ, J.; MARTIN, L. y VENTANAS, J. (1993). Productos derivados de la lipólisis y de la oxidación lipídica en jamones ibéricos y cruzados con Duroc. *Alimentaria diciembre*, 27-30.
- ANTEQUERA, T.; GARCIA, C.; LOPEZ, C.; VENTANAS, J.; ASENSIO, M.A. y CORDOBA, J.J. (1994). Evolución de distintos parámetros fisico-químicos durante la elaboración de jamones ibéricos a partir de cerdos Ibéricos (100%) e Ibéricos x Duroc (50%). *Rev. Esp. Cienc. Tecnol. Aliment.* **34**, 178-190.
- ANTEQUERAS, T.; MARTIN, L.; RUIZ, J.; CAVAS, R.; TIMON, M.L. y VENTANAS, J. (1996). Differentiation of Iberian hams from Iberian and Iberian x Duroc pigs by analysis of volatile aldehydes. *42th ICoMST*. (enviado).
- APARICIO, S. (1960). *Zootécnia Especial*. Imprenta Moderna. Cordoba.
- ASHOOR, S.H. y ZENT, J.B. (1984). Maillard browning of common amino acids and sugars. *J. Food Sci.* **49**, 1206-1207.

- ASTIASARAN, I.; BERIAIN, M.J.; MELGAR, J.; SANCHEZ-MONGE, J.M.; VILLANUENA, R. y BELLO, J. (1988). Estudio comparativo de las características de jamones curados de cerdo blanco elaborados con distintas tecnologías. *Rev. Agroquim. Tecnol. Aliment.* **28**, 519-528.
- BARTON-GADE, P.A. (1984). Some experience on measuring the quality of pork fat. *En: Fat Quality in Lean Pigs*. Ed. J.D. Wood. AFRC Meat Research Institute. Langford. 47.
- BELITZ, H.D. y GROSCH, W. (1988). *En: Química de los alimentos*. Ed.: Acribia. Zaragoza.
- BELLO, J. (1985). Alteraciones del jamón curado. *Cárnica 2000* **18**, 63-73.
- BERDAGUE, J.L.; BONNAUD, N.; ROUSSET, S. y TOURAILLE, C. (1993). Influence of pig crossbreed on the composition, volatile compound content and flavour of dry cured ham. *Meat Sci.* **34**, 119-129.
- BERNTHAL, P.H.; BOOREN, A.M. y GRAY, J.L. (1989). Effect of sodium chloride concentration on pH, water-holding capacity and extractable protein of prerigor and postrigor ground beef. *Meat Sci.* **25**, 143.
- BUSCAILHON, S.; BERDAGUE, J.L. y MONIN, G. (1993). Time-related changes in volatile compounds of lean tissue during proceeing of French dry-cured ham. *J. Sci. Food Agric.* **63**, 69-75.
- CANTONI, C.A.; BIANCHI, M.A.; D'AUBERT, S.; RENON, P. y CERUTTI, F. (1970). Contenuto in acidi grassi volatili, non volatili e composti carbonilici volatili del grasso di copertura di prosciutti feschi e stagionati. *Arch. Vet. Ital.* **21**. 213-228.
- CARRASCOSA, A.V.; y CORNEJO, I. (1989). Aspectos físico-químicos del curado de jamón serrano y su influencia sobre el desarrollo microbiano (revisión). *Alimentaria* **septiembre**, 27-33.

- CAVA, R. (1994). Efecto del sistema de alimentación en la composición y características de la grasa intramuscular de cerdo Ibérico. *Tesina de Licenciatura*. Facultad de Veterinaria. Universidad de Extremadura.
- CAVA, R.; RUIZ, J.; LOPEZ-BOTE, C.; MARTIN, L.; GARCIA, C.; VENTANAS, J. y ANTEQUERA, T. (1996). Influence of finishing diet on fatty acid profiles of intramuscular lipids, triglycerides and phospholipids in muscles of the Iberia pig. *Meat Sci.* (en prensa).
- CHEN, T.C. y WAIMALEONGORA, C. (1981). Effect of pH on TBA values of ground raw poultry meat. *J. Food Sci.* **46**.
- CHIO, K.S. y TAPPEL A.L.(1969a) Synthesis and characterization of the fluorescent products derived from malonaldehyde and aminoacids. *Biochem.* **8**, 2821.
- CHIO, K.S. y TAPPEL A.L.(1969b) Inactivation of ribonuclease and other enzymes by peroxidizing lipids and by malonaldehyde. *Biochem.* **8**, 2827.
- CORDOBA, J.J. (1990). Transformaciones de los componentes nitrogenados durante la maduración del jamón de cerdo Ibérico. *Thesis Doctoral*. Universidad de Extremadura.
- CORDOBA, J.J.; ANTEQUERA, T.; GARCIA, C; LOPEZ-BOTE, C y VENTANAS, J. (1990).Changes in extractability of protein and lipids from dry cured ham during ripening. *36th ICoMST*. La Habana. p. 859.
- CORDOBA, J.J.; ANTEQUERA, T.; VENTANAS, J.; ASENSIO, M.A.; LOPEZ-BOTE, C. y GARCIA, C. (1991). Transformaciones de los compuestos nitrogenados durante la maduración del jamón de cerdo Ibérico. *Cárnica 2000 diciembre*, 54-63.

-
- CORDOBA, J.J.; ANTEQUERA, T.; GARCIA, C.; VENTANAS, J.; LOPEZ-BOTE, C. y ASENSIO, M.A. (1994a). Evolution of free amino acids and amines during ripening of Iberian cured ham. *J. Agric. Food Chem.* **42**, 2296-2301.
- CORDOBA, J.J.; ANTEQUERA, T.; VENTANAS, J.; LOPEZ-BOTE, C.; GARCIA, C. y ASENSIO, M.A. (1994b). Hydrolysis and loss of extractability of proteins during ripening of Iberian ham. *Meat Sci.* **37**, 217-227.
- CRAWFORD, D.L.; YU, T.C. y SINNHUBER, R.O. (1967). Reaction of malonaldehyde with protein. *J. Food Sci.* **32**, 332.
- CRESPO, F.L. (1992). Factores que determinan la calidad de la canal de cerdo Ibérico. *Jornadas sobre tecnología de valoración de canales y carnes y defensa de la calidad de los productos ganaderos*. F.I.G. Zafra.
- DAHLE, L.K.; HILL, E.G.; y HOLMAN, R.T. (1962). *Arch. Biochem. Brophys.* **98**-253.
- DE KETALERE, A.; DEMEYER, D.; VANDEKERCKHOVE, P. y VERVAEKE, I. (1974). Stoichiometry of carbohydrate fermentation during dry sausage ripening. *J. Food Sci.* **39**, 297-300.
- DE PRADO, C. (1988). Maduración del jamón de cerdo Ibérico (Jabugo): fenómenos proteolíticos. *Tesis Doctoral*. Facultad de Veterinaria. Universidad de León.
- DIARIO OFICIAL DE EXTREMADURA (1990). Reglamento de la Denominación de Origen "Jamones y Paletas Dehesa de Extremadura" y su Consejo Regulador. *DOE extraordinario nº 2*, 30-5-90. 1-15.
- DIAZ, I. (1993). Modificaciones de la composición lipídica durante procesos tecnológicos del jamón curado. *Tesis Doctoral*. Universidad Autónoma de Barcelona.

- DRAPER, H.H., McGRIRR, L.G. y HADLEY, M. (1986). The metabolism of malonaldehyde. *Lipids*. **21**, 305.
- FLORES, J.; BERMELL, S.; NIETO, P. y COSTELL, E. (1984). Cambios químicos en las proteínas del jamón durante los procesos de curado, lento y rápido, y su relación con la calidad. *Rev. Esp. Cienc. Tecnol. Aliment.* **24**, 503-509.
- FLORES, J.; NIETO, P.; BERMELL, S. y MIRALLES, S. (1985). Cambios en los lípidos del jamón durante el proceso de curado, lento y rápido, y su relación con la calidad. *Rev. Esp. Cienc. Tecnol. Aliment.* **25**, 117-125.
- FRANKEL, E.N. (1980). Lipid oxidation. *Progr. Lipid Res.* **19**, 1-22.
- FRANKEL, E.N. (1984). Lipid oxidation: Mecanismos products and biological significance. *J. Am. Oil Chem Soc.* **61**, 1908.
- GARCIA, C.; BERDAGUE, J.L.; ANTEQUERA, T.; LOPEZ-BOTE, C.; CORDOBA, J.J Y VENTANAS, J. (1990). Volatile components of dry cured Iberian ham. *Food Chem.* En prensa
- GARCIA, C.; BERDAGUE, J.J.; ANTEQUERA, T.; LOPEZ-BOTE, C.; CORDOBA, J.J. y VENTANAS, J. (1991). Volatile components of dry cured Iberian ham. *Food Chem.* **41**, 23-32.
- GARCIA, C.; CORDOGA, J.J.; ASENSIO, M.A.; BERNUDEZ, E.; ANTEQUERA, T. y VENTANAS, J. (1992). Heme pigments evolution during ripening of dry cured iberan ham. *38th ICoMST*. Clermont-Ferrand, Francia. 483-486.
- GARCIA, C.; VENTANAS, J.; ANTEQUERA, T.; RUIZ, J.; CAVA, R. y ALVAREZ, P. (1996). Measuring sensorial quality of Iberian ham by Rash Model. *J. Food Quality* (en prensa).

- GARCIA, P.T. y CASAL, J.J. (1992). Lipids in longissimus muscle from grass or grain fed steers. *38th ICoMST*. Clermond-Ferrand, Francia. 53-55.
- GARCIA-REGUEIRO, J.A. y DIAZ, I. (1996). Volatile compounds in dry-cured ham produced from heavy and light large white pigs. (en prensa).
- GARDENER, H.W. (1980). Lipids enzymes: lipases, lipoxygenases and hydroperoxidases. *En: Autoxidation in foods and biological systems*. Ed.: Plenum Press, Nueva York 447-504.
- GARDENER, H.W. (1979). Lipid hidroperoxide reactivity with proteins and amino acids: A review. *J. Agric. Food Chem.* **27**, 220-229.
- GIRARD, J.P. y BUCHARLES, C. (1985). Evollution post-mortem des gras animaux: la lipolyse. *Blull. Tech. CRZV. Theix, INRA.* **61**, 81.
- GRILL, H.J. y FLYNN, F.W. (1987). Behavioral analysis of oral stimulating effects of amino acid and glutamate compounds on the rat. *En: Umami: A Basic Taste*. Ed. Kawamura, Y. y Kare, M.R.. Marcel dekker. New York. 289.
- GUNSTONE, F.D. y NORRIS, F.A. (1983). Lipids in Foods - Chemistry, Biochemistry and Technology. Ed.: Pergamon Press, Oxford.
- HAMILTON, R.J. (1989). The chemistry of rancidity in foods. *En: Rancidity in Food*. Ed.: Allen, J.C. y Hamilton, R.J. Elsevier Science Publishers. Londres. p. 1.
- HUERTAS, C. (1990). Lipolisis, autooxidación lipídica y evolución de los carbonilos y aminos volátiles en la maduración del jamón de Jabugo. *Tesis Doctoral*. Universidad de León.
- HUTCHINGS, J.B. (1993). Food colour and appearance Blackie Academic & Professional. London.

- IGENE, J.O.; YAMAUCHI, K.; PEARSON, A.M.; GRAY, J.I. y AUST, S.D. (1985a). Mechanism by which nitrite inhibits the developments of warmed-over flavor (WOF) in cured meat. *Food Chem.* **18**, 1.
- IGENE, J.O.; YAMAUCHI, K.; PEARSON, A.M.; GRAY, J.I. y AUST, S.D. (1985b). Evaluation of 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBRS) in relation to warmed-over flavor (WOF) development in cooked chicken. *J. Agric Food Chem.* **33**, 364.
- JOHNSON, M.J. (1941). Isolation and properties of a pure yeast polypeptidase. *Proc. 3th Int. Cong. Microbiol.* Nueva York. 348.
- KANNER, J.; HAREL, S.; SHAGALOVICH, J. y BERMAN, S. (1984). Antioxidative effect of nitrite in cured meat products Nitric oxide-iron complexes of low molecular weight. *J. Agric. Food Chem.* **32**, 512.
- KHAYAT, A y SCHWALL, D. (1983). Lipid oxidation in seafood. *Food Technol.* **37**, 130.
- LABUZA, T.P. (1971). Kinetics of lipid oxidation in foods. *Crit. Rev. Food Tecnol.* **2**, 335.
- LAI, S.M.; GRAY, J.I.; BOOREN, A.M.; CRACKEL, R.L. y GILL, J.L. (1995). Assessment of off-flavor developments in restructured chicken nuggets using hexanal and TBARS measurement and sensory evaluation. *J. Sci. Food Agric.* **67**, 447.
- LEHNINGER, A.L. (1984). Biosíntesis de los lípidos. *En: Principios de Bioquímica*, Ed. Omega. Barcelona. 583-612.
- LILLARD, D.A. (1987). Oxidative deterioration in meat, poultry, and fish. *En: Warmed over flavour of meat*. Ed.: St. Angelo, A.J. and Bailey, M.E. Academic Press Inc. Orlando 41-67.

- LOPEZ, M.O. (1995). Estudio comparativo de la grasa de diferentes órganos y tejidos de cerdos ibéricos alimentados con distintas dietas. *Tesis Doctoral*. Universidad Complutense de Madrid.
- LOPEZ, M.O.; DE LA HOZ, L.; CAMBERO, M.I.; LOPEZ, D.; REGLERO, G. y ORDÓÑEZ, J.A. (1992). Iberian pig dry ham volatile compounds from different ham depths. *38th ICoMST*. Clermont-Ferrand, Francia. 527-530.
- MABEL, C.T. y FUNES, J. (1987). Application of 2-Thiobarbituric Acid Reaction to Exudates of Frozen and Refrigerated Meats. *J. Food Sci.* **52**, 575-579.
- MacDONALD, B.; GRAY, J.I. y GIBBINS, L.N. (1980). Role of nitrite in cured meat flavor: antioxidant role of nitrite. *J. Agric. Food Chem.* **39**, 1990.
- MacLEOD, G. y SEYYEDAIN-ARDEBILI, M. (1981). Natural and simulated meat flavors (with particular reference to beef). *CRC Crit. Rev. Food SCI. Nutr.* **14**, 309.
- MAGGI, E.; CANNELLA, C. y BRACCHI, P.G. (1973). Variazioni del contenuto proteico in estatti acquosi de prosciutto fresco, dopo salagione e dopo stagionatura. *Arch. Vet. Ital.* **24**, 201-205.
- M.A.P.A. (1984). *Anuario de Estadística Agraria*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- M.A.P.A. (1986). Orden por la que se aprueba el reglamento de la Denominación de Origen Guijuelo y de su Consejo Regulador. Orden 1925/1986. B.O.E. 10 Junio 1986. 4119-4129.
- M.A.P.A. (1989). Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Anuario de estadística agraria. *Edit. Serv. Pub.* MAPA, Madrid.
- M.A.P.A. (1990). *Anuario de Estadística Agraria*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

- M.A.P.A. (1994). *Anuario de Estadística Agraria*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- M.A.P.A. (1995). Orden por la que se ratifica el Reglamento de la Denominación de la Denominación de Origen “Jamón de Huelva” y de su Consejo Regulador. Orden 17413/1995. B.O.E. 10 Julio 1995. 21993.
- MARCUSE, R. y JOHANSSON, L. (1973). Studies on the TBA test for rancidity grading. TBA reactivity of different aldehyde classes. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **50**, 387.
- MARTIN, L. (1996). Influencia de las condiciones de procesado sobre los cambios madurativos del jamón Ibérico. Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura.
- MELO, T.S.; BLUMER, T.N.; SWAISGOOD, H.E. y MONROE, R.J. (1974). Catheptic enzyme activity in aged country-style hams, as influenced by precuring treatment. *J. Food Sci.* **39**, 511-515.
- MIGAUD, M. y FRENTZ, J.C. (1978). *La Chacuterie crue*. Ed.: Soussana S.A. Only 317.
- MOLINA, I.; SILLA, H. y FLORES, J. (1989) Study of the micobial flora in dry-cured ham. 3. Lactic acid bacteria. *Fleischwirtsch.* **69**, 1708.
- MOTTRAM, D.S. y EDWARDS, R.A. (1983). The role of triglycerides and phospholipids in the aroma of cooked beef. *J. Sci. Food Agric.* **34**, 517.
- NAIR, V. y TURNER, G.A. (1984). The thiobarbituric acid test for lipid peroxidation: Structure of the adduct with malonaldehyde. *Lipids*. 19-804
- ORDOÑEZ, J.A. y DE LA HOZ, L. (1992a). Alimentación y calidades de carnes del cerdo Ibérico. *El cerdo ibérico, la naturaleza, la dehesa*. Simposio de Cerdo Ibérico, Zafra. 9-35.

Bibliografía

- ORDOÑEZ, J.A. y DE LA HOZ, L. (1992b). Alimentación y calidades de carnes del cerdo Ibérico. *El cerdo ibérico, la naturaleza, la dehesa*. Simposio de Cerdo Ibérico, Zafra. 211-221.
- ORDOÑEZ, J.A. y DE LA HOZ, L. (1992c). Evaluación de la calidad de la carne de cerdo Ibérico destinada a la elaboración de jamones y otros productos. Jornadas sobre tecnología de valoración de canales y carnes y defensa de la calidad de los productos ganaderos. F.I.G. Zafra-92.
- OWEN, R.F. (1993). *En: Química de los Alimentos*. Ed.: Acribia. Zaragoza.
- PAROLARI, G.; BELLATI, M.; CHIZZOLINI, R. y DAZZI, G. (1983a). Modifications physiques et chimiques des protéines au cours de la maturation du jambon de Parme. *29^e Congrès Européen de Chercheurs sur la Viande*. Salsomaggiore (Parma). 194.
- PAROLARI, G.; BELLATI, M.; CHIZZOLINI, R. y DAZZI, G. (1983b). Modificazioni fisiche e chimiche delle proteine nella maturazione del prosciutto di Parma. II. Colore. *Ind. Conser.* **58**, 147.
- PEARSON, A.M.; LOVE, J.D. y SHORLAND, F.B. (1977). Warmed-over flavour in meat, poultry and fish. *Advances in Food Research* **23**, 1-74.
- PRESIDENCIA DEL GOBIERNO. (1979). Métodos de análisis de productos cárnicos. *B.O.E.* **207**, 20223.
- POSTE, L.M.; WILLEMOT, C.; BUTLER, G. y PATTERSON, C. (1986). Sensory aroma scores and TBA values as indices of warmed-over flavor in pork. *J. Food Sci.* **51**, 886.
- PRYOR, W.A.; STANLEY, L.P. y BLAIR, E. (1976). Autoxidation of polyunsaturated fat acid. A suggested Mechanism for the formation of TBA reactive materials from prostaglandin-like endoperoxid Lipids. **11**, 370.

- RUIZ, J. (1993). Influencia de la alimentación sobre las características y composición de la grasa subcutánea y hepática del cerdo Ibérico. *Tesina de Licenciatura*. Facultad de Veterinaria. Universidad de Extremadura.
- RUIZ, J. (1996). Determinación de parámetros físico-químicos y sensoriales relacionados con la calidad del jamón Ibérico. Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria. Univerisdad de Extremadura.
- RUIZ, J.; LOPEZ-BOTE, C.; ANTEQUERA, T.; TEJEDA, J.F.; TIMON, M.L. y CAVA, R. (1996). Odd-numbered chain fatty acids content of Iberian pigs as affected by fed composition. (enviado a 42th ICoMST. La Haya, Noruega).
- SANTORO, P. (1984). Fat quality in pig meat with special enphasi on cured and seasoned raw hams. *En: Fat quality in lean pigs*. Ed.: Wood, J.D. Meat Res. Ins. Spec. Rep. 2. Langford, Bristol. p. 43.
- SATO, K. y HEGARTY, G.R. (1971). Warmed over flavor in cooked meats. *J. Food Sci.* **36**, 1098-1102.
- SATO, K.; HEGARTY, G.R. y HERRING, H.K. (1973). The inhibition of warmed over flavor in cooked meats. *J. Food Sci.* **36**, 1098
- SHACKELFORD, S.D.; MILLER, M.F.; HAYDON, K.D. y REAGAN, J.O. (1990). Effects of feeding elevated levels of tenderness of the longissimus fats to growing-finishing swine on acceptability of low-fat sausage. *J. Food. Sci.* **55**, 1497.
- SHAHIDI, F.; RUBIN, L.J. DIOSEDY, L.L. y WOOD, D.F. (1985). Effect of sulfanilamide on the TBA values of cured meat. *J. Food Sci.* **50**, 274.
- SHAHIDI, F.; RUBIN, L.J. y D'SOUZA, L.A. (1986). Meat flavour volatiles: a review of the composition, techniques of analysis and sensory evaluations. *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **24**, 141-243.

- SKIBSTED, L.H. (1992). Cured meat products and their oxidative stability. *En: The Chemistry of Muscle-Based Foods*. Eds. D.A. Ledward, D.E. Johnston y M.K. Knight. The Royal Society of Chemistry. Cambridge. 266.
- TARLADGIS, B.G.; WATTS, B.M.; YOUNATHAN, M.T. y DUGAN, L.R.Jr. (1960). A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **37**, 44-48.
- TJHIO, K.; LABUZA, T.P. y KAREL, M. (1969). Effects of humidification on catalysts and antioxidants in model systems. *J. Am. Oil Chem Soc.* **46**, 577.
- VENTANAS, J. y CORDOBA, J.J. (1992). Jamón curado de cerdo Ibérico: elaboración y condiciones de conservación y consumo. *En: Manual práctico de la carne*. Ed.: Martin&Macías. 559-585.
- VENTANAS, J.; CORDOBA, J.J.; ANTEQUERA, T.; GARCIA, C.; LOPEZ-BOTE, C. y ASENSIO, M.A. (1992). Hydrolysis and Maillard reaction during ripening of iberian cured ham. *J. Food Sci.* **57**, 813-815.
- VENTANAS, J.; RUIZ, J.; MARTIN, L.; ANTEQUERA, T. y GARCIA, C. (1994). Calidad del jamón Ibérico: factores que condicionan el desarrollo del sabor y del aroma. *En: El Cerdo Ibérico. II Encuentro intersectorial*. Fregenal de la Sierra (Badajoz). 159-176.
- VIRGILI, R.; PAROLARI, G. ; SCHIVAZAPPA, C; SORESI BORDINI, C. y BORRI, M. (1985). Sensory and texture quality of dry-cured ham as affected by endogenous cathepsin B activity and muscle composition. *J. Food Sci.* **60**, 1183.
- WHITFIELD, F.B.; MOTTRAN, D.S.; BROCK, S.; PUCKEY, D.J. y SALTER, L.J. (1987). Effect of phospholipid on the formation of volatile heterocyclic compounds in heated aqueous solutions of amino acids and ribose. *J. Sci Food Agric.* **42**, 261.

Bibliografia

- WHITFIELD, F.B. (1992). Volatiles from interactions of Maillard reactions and lipids. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **31**, 1-58.
- WILLIAMS, J.C.; FIELD, R.A.; MILLER, G.J. y WELKE, R.A. (1983). Evaluation of TBA methods for determination of lipid oxidation in red meat from four species. *J. Food Sci.* **48**.
- WONG, M. y STANTON, D.W. (1989). Nonenzymic browning in kiwifruit juice concentrate systems during storage. *J. Food Sci.* **54**, 669-673.
- ZIPSER, M.W.; y WATTS, B.M. (1962). A modified 2-tiobarbituric acid (TBA) method for the determination of malonaldehyde in cured meats, *Food Technol.* 16-102.